

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ІНЖЕНЕРІЇ**

**УДК 004.71**

**До захисту допускається**

**Завідувач кафедри**

**комп'ютерних наук та інженерії**

**Скарга-Бандурова І. С.**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

**НА ТЕМУ:**

**«МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ НАДІЙНОЇ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В ПОСЛІДОВНИХ  
КАНАЛАХ ЗВ'ЯЗКУ»**

Освітньо-кваліфікаційний рівень «Магістр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Науковий керівник роботи:

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кардашук В. С.

(ініціали, прізвище)

Консультант з охорони праці:

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Критська Я. О.

(ініціали, прізвище)

Студент:

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Бойчук А. М.

(ініціали, прізвище)

Група:

КІ-17 дм

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інформаційних технологій та електроніки  
Кафедра комп'ютерних наук та інженерії  
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Завідувач кафедри  
комп'ютерних наук та інженерії  
д.т.н, доц. Скарга-Бандурова І. С.

\_\_\_\_\_ 2019 року  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_

**ЗАВДАННЯ**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

\_\_\_\_\_ Бойчуку Артуру Мирославовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

- 1. Тема проекту (роботи):** «Методи та засоби надійної передачі інформації в послідовних каналах зв'язку» затверджена наказом по університету № 220/48 від «18» жовтня 2018 р.
- 2. Строк здачі студентом закінченого проекту (роботи):** 10.01.2018 р.
- 3. Вихідні дані проекту (роботи):** матеріали переддипломної практики
- 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити):**
  1. Огляд методів та засобів передачі інформації в послідовних каналах зв'язку.
  2. Електричні та часові характеристики інтерфейсу RS-485.
  3. Методи зменшення випромінювання електромагнітних перешкод.
  4. Дослідження надійності передачі інформації на базі двоканального контролера інтерфейсу RS-485 з гальванічною розв'язкою.
  5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
- 5. Перелік графічного матеріалу (з точною назвою обов'язкових креслень):**

\_\_\_\_\_ не передбачено

**6. Консультанти роботи, з вказівкою розділів, що до них відносяться**

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Основна частина	Кардашук В. С.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Критська Я. О.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Керівник \_\_\_\_\_ Кардашук В. С.

(підпис)

Завдання до виконання прийняв \_\_\_\_\_ Бойчук А. М.

(підпис)

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ п/п	Найменування етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1.	Отримання завдання, збір матеріалів	18.10.18- 24.10.17	
2.	Огляд літератури й обґрунтування необхідності дослідження	25.10.18 –28.10.18	
3.	Дослідження методів та засобів надійної передачі інформації в послідовних каналах зв'язку	29.10.18 – 28.11.18	
4.	Дослідження надійності передачі інформації на базі двоканального контролера інтерфейсу RS-485	28.11.18 –31.12.18	
5.	Дослідження залежності швидкості передачі від довжини кабелю в мережі RS-485	03.01.19 – 04.01.19	
6.	Оформлення пояснювальної записки	05.01.19 – 08.01.19	
7.	Підготовка та подання магістерської роботи до захисту	09.01.19 – 10.01.19	

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Науковий керівник \_\_\_\_\_

(підпис)

## АНОТАЦІЯ

**Бойчук А. М. Методи та засоби надійної передачі інформації в послідовних каналах зв'язку.**

Виконано дослідження методів та засобів створення вузлів передачі інформації на основі інтерфейсу RS-485. Розглянуті основні принципи побудови типових вузлів інтерфейсу, здійснено дослідження електричних та часових характеристик, методи та способи захисту від перешкод і збоїв в лініях передачі, моделі вихідних каскадів інтерфейсу. З метою уникнення негативних впливів під час передачі інформації в послідовних каналах запропоновано захист від перешкод з використанням захисного зсуву, захист від розсинхронізації та програмні методи боротьби зі збоями. Для збільшення швидкодії вхідної частини блоків інтерфейсу RS-485 запропоновано використання програмованих логічних пристроїв, для надійності передачі та виходу з ладу вихідної частини – гальванічну розв'язку.

**Ключові слова:** послідовний канал, диференційна передача, інтерфейс RS-485, гальванічна розв'язка, перешкода.

## THE ABSTRACT

**Boichuk A. M. Methods and means of reliable transmission of information in successive communication channels.**

The research of methods and means of creation of nodes of information transfer on the basis of interface RS-485 is fulfilled. The basic principles of constructing typical unit nodes, methods and methods of protection against interference and failures are considered, electric and time characteristics of the interface have been studied, models of digital devices. In order to avoid adverse effects during the transfer of information, protection against interference with the use of shielding, protection from scanning and software methods for dealing with failures is proposed. To increase the speed of the input part, the use of programmable logic devices, for the reliability of transmission and failure of the output part - the galvanic solution.

**Keywords:** serial channel, differential transmission, RS-485 interface, galvanic isolation, interference.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНТЕРФЕЙСУ RS-485 .....	11
1.1 Загальні відомості про RS-485 .....	11
1.2 Характеристика інтерфейсу RS-485 .....	12
1.3 Електричні та часові характеристики інтерфейсу RS-485 .....	13
1.4 Топологія мережі на основі інтерфейсу RS-485.....	14
1.5 Середовище передачі .....	16
1.6 Хвильовий опір кручений пари .....	17
1.7 Випромінюванні електромагнітні перешкоди .....	18
1.8 Індуковані електромагнітні перешкоди .....	19
1.9 Резистори узгодження .....	19
1.10 Максимальне число передавачів і приймачів в мережі .....	21
1.11 Висновки до розділу 1 .....	22
РОЗДІЛ 2 ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ПОСЛІДОВНОГО ІНТЕРФЕЙСУ В ПРОМИСЛОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....	23
2.1 Застосування інтерфейсу RS-485 у промисловому виробництві .....	23
2.2 Порівняння інтерфейсів RS-485 та RS-422.....	24
2.3 RS-485 – найпопулярніший промисловий інтерфейс .....	26
2.4 Захист систем передачі даних від несприятливих зовнішніх впливів .....	27
2.4.1 Посилений захист від електростатичного розряду .....	27
2.4.2 Захист від перенапруг .....	29
2.4.3 Стійкість приймачів до невизначеним станів лінії .....	30
2.4.4 Можливість «гарячої» заміни .....	30
2.5 Висновки до розділу 2.....	32
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ НА БАЗІ ДВОКАНАЛЬНОГО КОНТРОЛЕРА ІНТЕРФЕЙСУ RS-485 .....	33

3.1 Дослідження перешкод у конверторах напруги .....	33
3.2 Дослідження конвертора напруги МАХ253 фірми Maxim .....	33
3.3 Рекомендації щодо реалізації вихідного каскаду.....	40
3.4 Апаратні засоби контролера Fastwel I/O .....	42
3.5 Структура і функції контролерів Fastwel I/O .....	43
3.5.1 Структура апаратних засобів .....	44
3.5.2 Структура програмного забезпечення контролерів Fastwel .....	44
3.5.3 Структура контролера Fastwel .....	46
3.5.4 Структура модуля вводу-виводу .....	47
3.6 Розроблення двоканального блоку вводу-виводу .....	50
3.7 Методи та способи захисту від перешкод та збоїв .....	55
3.8 Захист від перешкод з використанням захисного зсуву .....	57
3.9 Виключення прийому при передачі в напівдуплексному режимі .....	59
3.10 Програмні методи боротьби зі збоями .....	60
3.10.1 Захист від розсинхронізації .....	60
3.10.2 Контроль достовірності .....	62
3.10.3 Захист пристроїв від перенапруги в лінії зв'язку .....	63
3.10.4 Додаткові заходи захисту від перешкод .....	65
3.11 Апаратна реалізація блоку .....	66
3.12 Апаратна реалізація комунікаційної частини .....	68
3.13 Розроблення вихідної частини .....	69
3.14 Дослідження залежності швидкості передачі від довжини кабелю в мережі RS-485 .....	75
3.15 Методика вибору кабелю .....	78
3.16 Дослідження впливу середовища обміну .....	81
3.17 Дослідження електромагнітних перешкод і симетрії параметрів каналу зв'язку.....	82
3.18 Додаткові вимоги до реалізації заземлення .....	84

3.19 Дослідження конфліктних ситуацій .....	85
3.20 Висновки до розділу 3 .....	88
<b>РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>90</b>
4.1. Загальні питання з охорони праці .....	90
4.1.1 Правові та організаційні основи охорони праці .....	91
4.1.2 Організаційно-технічні заходи з безпеки праці .....	92
4.2 Аналіз стану умов праці .....	94
4.2.1 Вимоги до приміщень .....	94
4.2.2 Вимоги до організації місця праці .....	95
4.2.3 Навантаження та напруженість процесу праці .....	96
4.3 Виробнича санітарія .....	97
4.3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при роботі на ПК .....	97
4.3.2 Пожежна безпека.....	99
4.3.3 Електробезпека .....	101
4.4 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища.....	102
4.4.1 Мікроклімат .....	102
4.4.2 Освітлення .....	103
4.4.3 Шум та вібрація, електромагнітне випромінювання .....	106
4.4.4 Вентилювання .....	107
4.5 Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій .....	107
4.6 Охорона навколишнього природного середовища .....	109
4.6.1 Загальні дані з охорони навколишнього природного середовища .....	109
4.6.2 Вимоги до збору, пакування та розміщення відходів ІТ галузі .....	109
4.6.3 Визначення впливу та заходів щодо поводження з відходами ІТ галузі .....	110
4.7 Висновки до розділу 4 .....	115
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>117</b>

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	119
ДОДАТОК – ПРЕЗЕНТАЦІЯ .....	123



## ВСТУП

Інтерфейс RS-485 широко використовується в програмованих логічних контролерах і програмно-технічних комплексах. В системах промислової автоматизації він фактично став фізичним стандартом передачі інформації на нижньому рівні у мережах Profibus [1] і Modbus [2], у яких пристрої зв'язку з об'єктом з інтерфейсом RS-485 типові для таких систем [3]. Гальванічна розв'язка у ланцюгах прийому та передачі сигналів мережі інтерфейсу RS-485 знайшла широке застосування у комунікаційних блоках. Саме від її технічної реалізації, поряд з характеристиками вихідних елементів, і залежить безперебійна робота мережі на базі інтерфейсу RS-485.

Сучасний рівень автоматизації технологічних процесів неможливий без впровадження у всі рівні автоматизації останніх досягнень в області інформаційних та комп'ютерних технологій. На практиці широке застосування в системах автоматизації для керування технологічними процесами (ТП) різного рівня складності використовуються контролери Fastwel I/O [4] з інтерфейсом RS-485, який широко використовують у програмованих логічних контролерів (ПЛК) і програмно-технічних комплексах (ПТК). Апаратно-програмний комплекс Fastwel I/O впроваджує концепції до яких пред'явлені наступні загальні вимоги:

- забезпечити можливість застосування в користувальницьких проектах, де період виконання прикладної програми вимірюється одиницями мілісекунд, при наявності декількох сотень каналів дискретного введення-виведення і десятків каналів аналогового введення-виведення;

- досягти кращої пропускної здібності, передбачуваності та універсальності межмодульної внутрішньої шини в порівнянні з існуючими аналогами;

- досягти найкращої для виробів даного класу точності вимірювання аналогових сигналів;максимально уніфікувати основні вузли контролерів і модулів введення-виведення, забезпечивши тим самим можливість у короткі терміни розширювати номенклатуру модулів введення-виведення;

- створити єдиний каркас системного програмного забезпечення контролерів, переносимо на різні операційні системи, що дозволяє розробникам нарощувати набір функцій, додаючи нові підсистеми в міру необхідності, а користувачам – розробляти прикладне програмне забезпечення як на промислових мовами стандарту IEC 61131\_3 [5], так і на мові загального застосування Сі.

Важливе значення в системах передачі інформації відіграє її надійність та якість у відсутності перешкод. В даній роботі з метою реалізації задачі надійної передачі

інформації в послідовних каналах зв'язку проведено дослідження елементної бази для реалізації двоканального блоку інтерфейсу RS-485 для контролера Fastwel, вихідні каскади якого є гальванічно розв'язаними.

Розроблений блок відповідає всім вимогам та характеристикам інтерфейсу RS-485 [6], а саме:

- 32 приймача/передавача при багатоточковій конфігурації мережі (на одному сегменті, максимальна довжина лінії в межах одного сегмента мережі: 1200 метрів (4000 футів));
- тільки один передавач активний;
- максимальна кількість вузлів у мережі - 250 з урахуванням магістральних підсилювачів.

Характеристика швидкість обміну/довжина лінії зв'язку (залежність експоненціальна):

- 62,5 кбіт/с 1200 м (одна кручена пара) 375 кбіт/с 300 м (одна кручена пара) 500 кбіт/с 1000 кбіт/с;
- 2400 кбіт/с 100 м (дві витих пари) 10000 кбіт/с 10 м.

Примітка. Швидкості обміну 62,5 кбіт/с, 375 Кбіт/с, 2400 Кбіт/с обумовлені стандартом RS-485. На швидкостях обміну понад 500 кбіт/с рекомендується використовувати екрановані виті пари.

Тип приймачів/передавачів – диференціальний, потенційний. Зміна вхідних і вихідних напруг на лініях А і В:  $U_a$  ( $U_b$ ) від -7В до +12В (+ 7В).

Вимоги, що пред'являються до вихідного каскаду:

- вихідний каскад являє собою джерело напруги з малим вихідним опором,  $|U_{\text{вих}}| = 1,5:5,0$  В (не <1,5 В і не > 6,0 В);
- стан логічної "1":  $U_a$  більше  $U_b$  (гістерезис 200мВ)-MARK, OFF;
- стан логічного "0":  $U_a$  менше  $U_b$  (гістерезис 200мВ)-SPACE, ON;
- вихідний каскад повинен витримувати режим короткого замикання, мати максимальний вихідний струм 250мА, швидкість наростання вихідного сигналу 1,2 В/мкс і схему обмеження вихідної потужності.

Вимоги, що пред'являються до вхідного каскаду:

- вхідний каскад являє собою диференційний вхід з високим вхідним опором і порогової характеристикою от-200 мВ до +200 мВ;
- допустимий діапазон вхідних напруг  $U_{ag}$  ( $U_{bg}$ ) щодо землі (GND) від-7В до +12 В;
- вхідний сигнал представлений диференціальною напругою ( $U_i$  +0,2 В) і більше;

**Об'єкт дослідження** – процеси передачі інформації в послідовних каналах зв'язку комп'ютерних систем.

**Предмет дослідження** – методи захисту та надійної передачі інформації в послідовних каналах зв'язку на базі інтерфейсу RS-485.

**Методи дослідження.** Для реалізації методів захисту та надійної передачі даних по інтерфейсу RS-485 застосовано моделювання вхідної, комунікаційної та вихідної частин блоку апаратними засобами.

**Наукова новизна** магістерської роботи полягає в подальшому удосконаленні методів надійної передачі інформації в послідовних каналах зв'язку. На основі проведених досліджень вироблені рекомендації щодо використання запропонованих методів захисту від розсинхронізації, перешкод та збоїв під час передачі даних по інтерфейсу RS-485.

**Структура і обсяг роботи.**

Магістерська робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань з 53 найменувань на 4 сторінках, додатку на 12 сторінках. Загальний обсяг роботи складає 134 сторінки. Магістерська робота містить 60 рисунків та 9 таблиць.

## 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ІНТЕРФЕЙСУ RS-485

### 1.1 Загальні відомості про RS-485

В розподілених системах промислової автоматизації застосовуються видалені пристрої збору даних і управління, які передають і приймають інформацію від центрального процесора, надаючи доступ до даних користувачам і іншим процесорам по локальній мережі. Пристрої зв'язку з об'єктом з інтерфейсом RS-485 типові для таких систем. Інтерфейс RS-485 широко використовують у програмованих логічних контролерів (ПЛК) і програмно-технічних комплексах (ПТК). Фактично він став фізичним стандартом передачі інформації на нижньому рівні в мережах Profibus та Modbus на основі крученої пари.

Протокол зв'язку RS-485 є найбільш широко використовуваним промисловим стандартом використовують двосторонню збалансовану лінію передачі. Протокол підтримує багатоточкові з'єднання, забезпечуючи створення мереж з кількістю вузлів до 32 і передачу на відстань до 1200 м. Використання повторювачів RS-485 дозволяє збільшити відстань передачі ще на 1200 м або додати ще 32 вузла. Стандарт RS-485 підтримує напівдуплексний зв'язок. Для передачі і прийому даних достатньо однієї скрученою пари провідників (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 — Характеристики інтерфейсу RS-485

Стандарт	EIA RS-485
Швидкість передачі	10 МБіт/с (максимум)
Відстань передачі	1200 м (максимум)
Характер сигналу, лінія передачі	Диференційна напруга, кручена пара
Кількість драйверів (передавачів)	32
Кількість приймачів	32
Схема з'єднання	напівдуплекс, багатоточковий

RS-485 – напівдуплексний багатоточковий послідовний інтерфейс передачі даних. Передача даних здійснюється по одній парі провідників з допомогою диференціальних сигналів. Різниця напруги між провідниками однієї полярності означає логічну одиницю, різниця іншої полярності – нуль.

Лідером в розробці і випуску мікросхем-драйверів інтерфейсу RS-485 є фірма MAXIM [7]. В даний час фірма випускає понад 80 типів мікросхем-драйверів інтерфейсу RS-485. Надійна передача інформації в таких мережах залежить не тільки від вибору мікросхеми, що забезпечує фізичну реалізацію інтерфейсу RS-485 відповідно до вимог замовника, але і від якості сполучних проводів у системі передачі даних. Розробникам мереж на базі інтерфейсу RS-485 доводиться стикатися з проблемами реалізації надійної передачі інформації в таких мережах. Розглянемо деякі питання фізичної реалізації інтерфейсу RS-485. Диференціальна передача сигналу в системах на основі RS-485 забезпечує надійну передачу даних у присутності шумів, а диференціальні входи їх приймачів можуть пригнічувати значні синфазні напруги. Система є збалансованою, тому що сигнал на одному дроті є ідеально точною протилежністю сигналу на другому дроті.

RS-485 передає цифрову інформацію між багатьма об'єктами. Швидкість передачі даних може досягати 10 Мбіт/с, а іноді й перевищувати цю величину. RS-485 призначений для передачі інформації на значні відстані, і 1200 метрів добре укладається в його можливості. Відстань і швидкість передачі даних, з якими RS-485 може успішно використовуватися, залежать від багатьох моментів при розробці схеми з'єднань системи.

RS-485 спроектований як балансна система. Простіше кажучи, це означає, що крім земляного, є два дроти, які використовуються для передачі сигналу.

## **1.2 Характеристика інтерфейсу RS-485**

Стандарт RS-485 спільно розроблений двома асоціаціями: Асоціацією електронної промисловості (EIA –Electronics Industries Association) і Асоціацією промисловості засобів зв'язку (TIA -Telecommunications Industry Association) [8]. Раніше EIA маркувати всі свої стандарти префіксом "RS" (Рекомендований стандарт). Багато інженери продовжують використовувати це позначення, однак EIA/TIA офіційно замінив "RS" на "EIA/TIA" з метою полегшити ідентифікацію походження своїх стандартів. На сьогоднішній день, різні розширення стандарту RS-485 охоплюють широкий спектр додатків. У стандарті RS-485 для передачі і прийому даних часто використовується єдина вита пара проводів. Процедури спільного використання лінії передачі вимагають застосування певного методу управління напрямом потоку даних. Найбільш поширеним методом є використання сигналів RTS (Request To Sent) і CTS (Clear To Sent).

Стандарт RS-485 обумовлює тільки електричні характеристики, фізичний рівень (середовище), але не обумовлює [9]:

- програмну платформу;

- можливість об'єднання несиметричних і симетричних ланцюгів;
- параметри якості сигналу;
- рівень спотворень (%);
- методи доступу до лінії зв'язку;
- протокол обміну;
- апаратну конфігурацію (середовище обміну, кабель);
- типи з'єднувачів, роз'ємів, колодок, нумерацію контактів;
- якість джерела живлення (стабілізація, пульсація, допуск);
- відображення, рівень сигналу (reflect).

### 1.3 Електричні та часові характеристики інтерфейсу RS-485

32 приймача при багатоточкової конфігурації мережі (на одному сегменті, максимальна довжина лінії в межах одного сегмента мережі: 1200 метрів (4000 футів)). Тільки один передавач активний. Максимальна кількість вузлів в мережі - 250 з урахуванням магістральних підсилювачів.

Характеристика швидкість обміну/довжина лінії зв'язку (залежність експоненціальна):

– 62,5 кбіт/с 1200 м (одна кручена пари) 375 кбіт/с 300 м (одна кручена пари) 500 кбіт/с 1000 м 2400 кбіт/с – 2400 кбіт/с 100 м (дві кручені пари) 10000 кбіт/с 10 м.

Примітка. Швидкості обміну 62,5 кбіт/с, 375 кбіт/с, 2400 кбіт/с обумовлені стандартом RS-485.

На швидкості обміну понад 500 кбіт/с рекомендується використовувати екрановані кручені пари. Тип приймачів – differential, потенційний. Зміна вхідних і вихідних напруг на лініях А и В:  $U_a(U_b)$  від -7В до +12В (+ 7В).

Вимоги, до вихідного каскаду:

– вихідний каскад є джерелом напруги з малим вихідним опором,  $R_{out} = 1,5:5, 0\Omega$  ( $<1,5\Omega$  і не  $>6,0\Omega$ ); стан логічної "1":  $U_a$  більше  $U_b$  (гістерезис 200мВ) – MARK, OFF; стан логічного "0":  $U_a$  менше  $U_b$  (гістерезис 200мВ) -SPACE, ON;

– вихідний каскад повинен витримувати режим короткого замикання, мати максимальний вихідний струм 250мА, швидкість наростання вихідної сигналу 1,2В/мкс і схему обмеження вихідний потужності.

Вимоги, пропонувані до вхідного каскаду:

–вхідний каскад являє собою differential вхід з високим вхідним опором і порогової характеристикою від  $-200\text{mV}$  до  $+200\text{mV}$ ; допустимий діапазон вхідних напруг  $U_{ag}$  ( $U_{bg}$ ) щодо землі (GND) від  $-7\text{V}$  до  $+12\text{V}$ ;

- вхідний сигнал представлений differential напругою ( $U_i+0,2\text{V}$ ) і більше;
- рівні стану приймача вхідного каскаду.

#### 1.4 Топологія мережі на основі інтерфейсу RS-485

Топологія мереж на основі інтерфейсу RS-485 визначається необхідністю усунення відбиття в лінії передачі (рис. 1.1) [10].

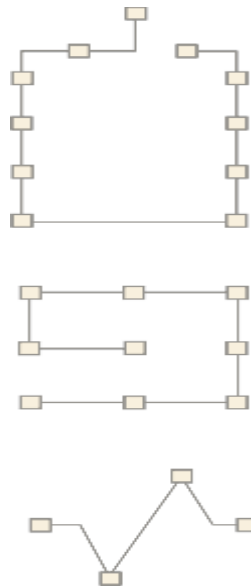


Рисунок 1.1– Топологія мережі інтерфейсу RS-485

Оскільки відображення походять від будь-якої неоднорідності, у тому числі відгалужень від лінії, то єдино правильною топологією мережі буде така, яка виглядає як єдина лінія без відводів, до якої не більш ніж 32 точках підключені пристрої з інтерфейсом RS-485. Будь-які варіанти, в яких лінія має довгі відводи або з'єднання декількох кабелів в одній точці, призводять до відбиттів і зниження якості передачі.

Однак сказане справедливо тільки для високих швидкостей передачі (більш  $9600$  біт/с), коли ефекти відображення впливають на достовірність передачі. Для низьких швидкості довжина відводу може бути довільною (рисунок 1.2).

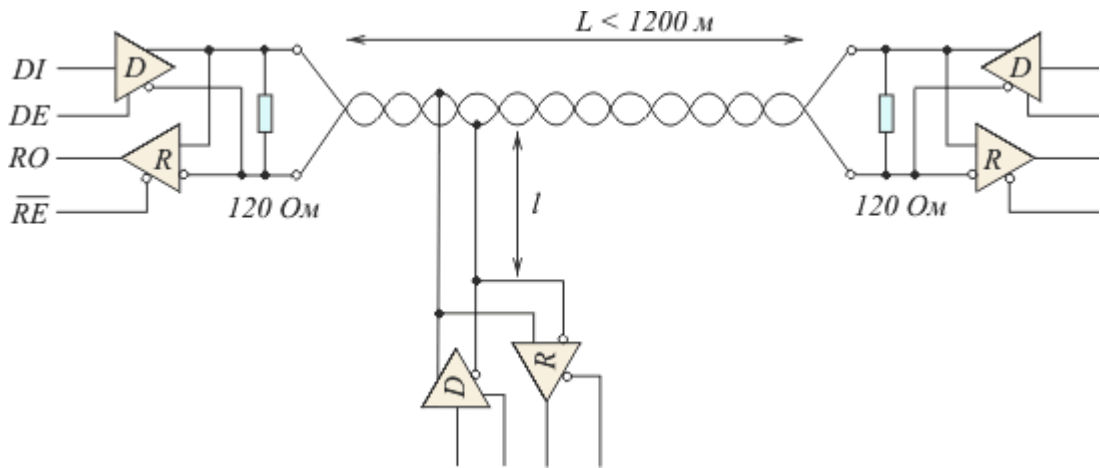


Рисунок 1.2 – Застосування термінальних резисторів для узгодження лінії передачі

Якщо існує необхідність розгалуження лінії, то це можна зробити за допомогою повторювачів інтерфейсу або концентратора (хаба).

Повторювачі дозволяють розділити лінію на сегменти, у кожному з яких виконуються умови узгодження з допомогою двох термінальних резисторів і не виникають ефекти, пов'язані з відбиттями від кінців лінії, а довжина відводу від лінії до повторювача завжди може бути зроблена досить малою (рис. 1.3).

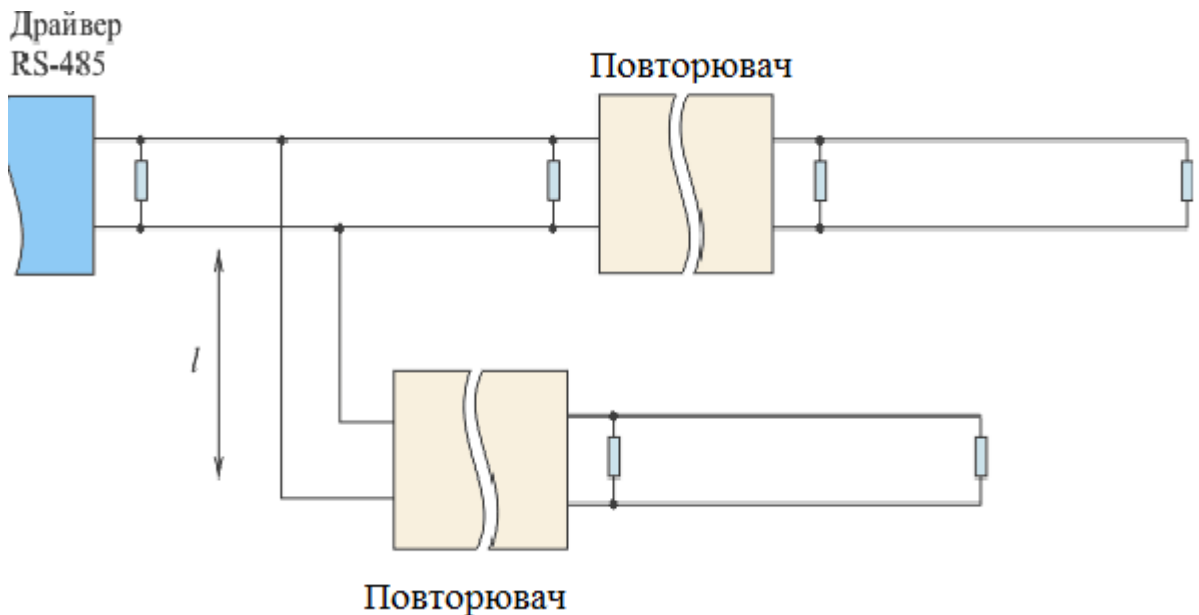


Рисунок 1.3– Застосування повторювачів інтерфейсу для розгалуження лінії передачі



## 1.5 Середовище передачі

RS-485 спроектована як балансна система. Простіше кажучи, це означає, що, крім землі є два дроти, які використовуються для передачі сигналу.

Диференціальна передача сигналу в системах на основі RS-485 забезпечує надійну передачу даних у присутності шумів, а диференціальні входи їх приймачів можуть пригнічувати значні синфазні напруги.

Система є балансною, тому що сигнал на одному проводі є ідеально точною протилежністю сигналу на другому проводі.

RS-485 передає цифрову інформацію між багатьма об'єктами. Швидкість передачі даних може досягати 10 Мбіт/с, а іноді й перевищувати цю величину. RS-485 призначений для передачі інформації на значні відстані і 1200 метрів добре вкладається в його можливості. Відстань і швидкість передачі даних, з якими RS-485 може успішно використовуватися, залежать від багатьох моментів при розробці схеми з'єднань системи.

RS-485 спроектований як балансна система. Це означає, що крім земляного, є два дроти, які використовуються для передачі сигналу (рис. 1.4).

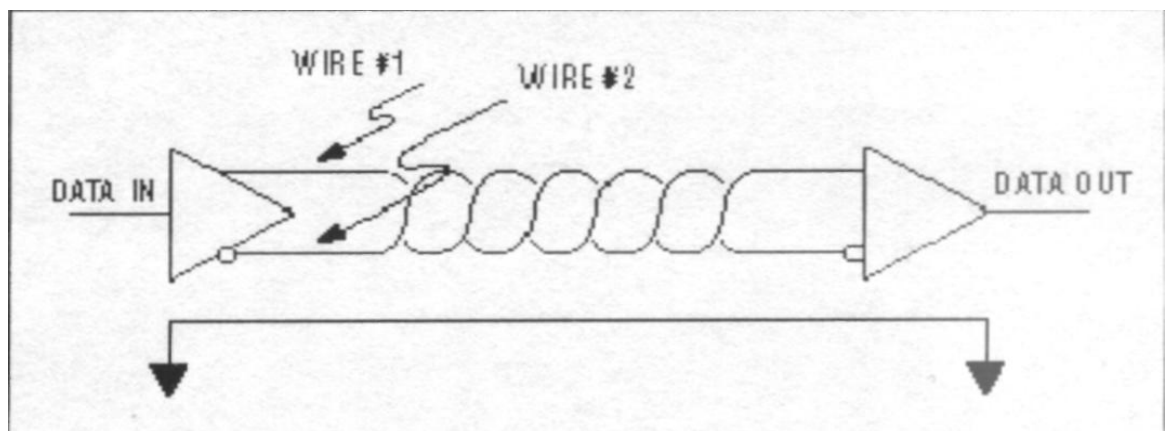


Рисунок 1.4 – Балансна система

Система називається балансною, тому що сигнал на одному проводі є ідеальною протилежністю сигналу на другому дроті. Іншими словами, якщо один провід передає високий рівень, інший провід буде передавати низький рівень, і навпаки (рис. 1.5).

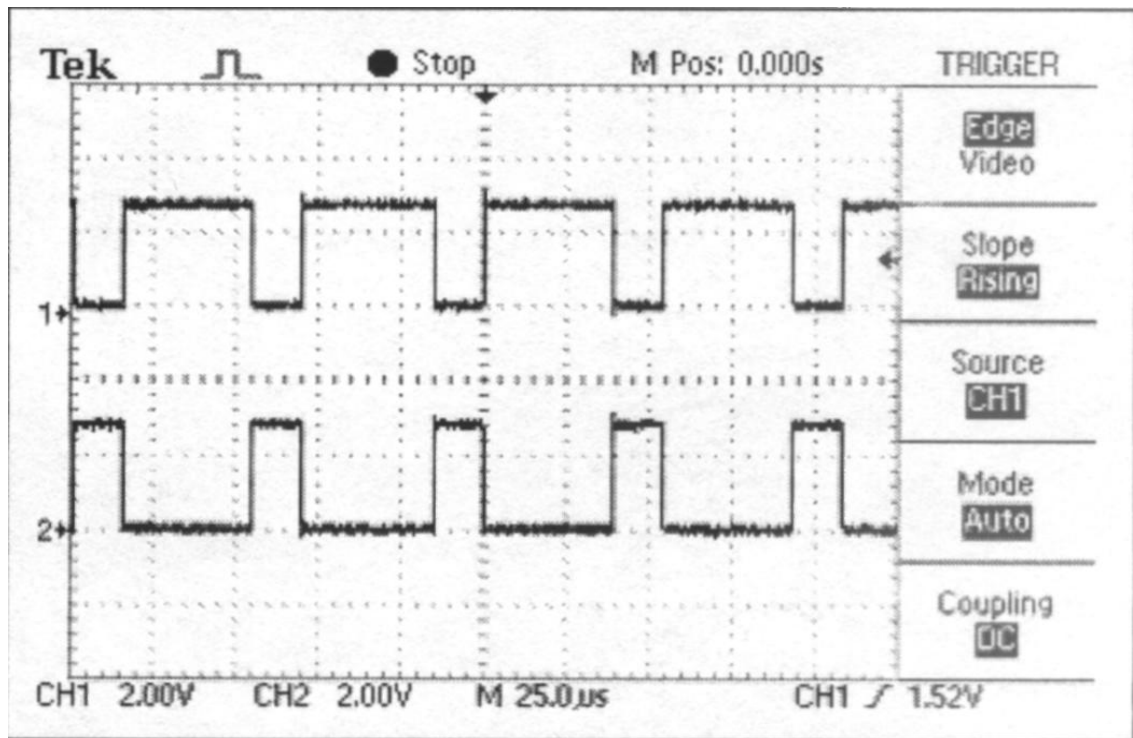


Рисунок 1.5 – Осцилограма передачі інформації по лініям інтерфейсу RS-485

Незважаючи на те, що RS-485 може успішно здійснювати передачу з використанням різних середовищ передачі інформації, він повинен використовуватися зі "звитою парою".

Використання передавача, що відповідає вимогам специфікації RS-485, з кабелем на основі звитої пари, зменшує два головних джерела проблем для розробників швидкодіючих територіально розподілених мереж, а саме випромінювання електромагнітних перешкоди і індукованих електромагнітних перешкод.

### 1.6 Хвильовий опір кручений пари

В залежності від геометрії кабелю і матеріалів, використовуваних в ізоляції, кручена пара буде володіти відповідним "хвильовим опором (характеристичним імпеданс), яке зазвичай визначається її виробником. Специфікація RS-485 рекомендує, але явно не нав'язує щоб це хвильовий опір було дорівнює 120 Ом. Рекомендація цього імпедансу необхідна для обчислення найгіршою навантаження і діапазонів синфазних напруг, визначених у специфікації RS-485. По всій видимості, специфікація не диктує цей імпеданс в інтересах гнучкості. Якщо з якихось причин не може використовуватися 120-омний кабель, рекомендується, щоб найгірший варіант навантаження (допустиме число

передавачів і приймачів) і найгірші діапазони синфазних напруг були повторно розраховані, щоб упевнитися, що проектувана система буде працювати.

Передавач може керувати тільки однією парою проводів. Хоча передавач може при деяких обставинах керувати більш ніж однією кручений парою, це не передбачено специфікацією.

### 1.7 Випромінюванні електромагнітні перешкоди

Як показано на рисунку 1.6, всякий раз, коли для передачі інформації використовуються імпульси з крутими фронтами, в сигналі присутні високочастотні складові. Ці круті фронти потрібні при більш високих швидкостях, ніж здатний забезпечити RS-485 (рис. 1.6).

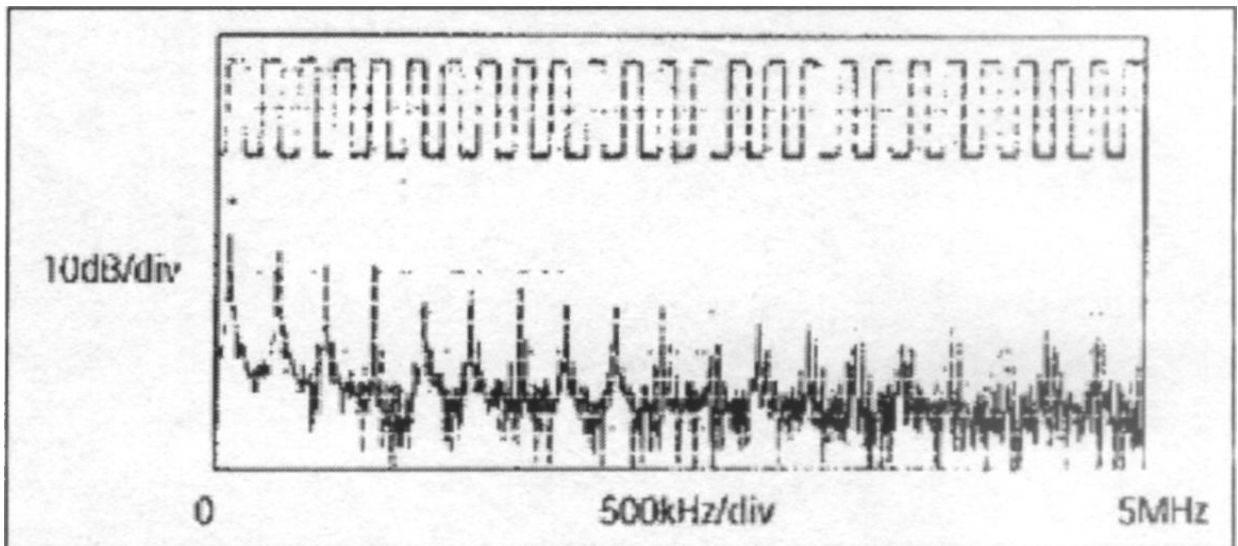


Рисунок 1.6 – Форма сигналу послідовності імпульсів з частотою 125 кГц

Отримані в результаті високочастотні компоненти цих крутих фронтів разом з довгими проводами можуть привести до випромінювання електромагнітних перешкод (EMI). Балансна система, що використовує лінії зв'язку на основі витой пари, зменшує цей ефект, роблячи систему неефективним випромінювачем. Це працює на дуже простому принципі. Оскільки сигнали на лініях рівні, але інверсний, що випромінюються від кожного проводу сигнали будуть також мати тенденцію бути рівними, але інверсними. Це створює ефект придушення одного сигналу іншим, що, в свою чергу, означає відсутність електромагнітного випромінювання. Однак, це засноване на припущенні, що дроти мають

точно однакову довжину і точно однакове розташування. Оскільки неможливо одночасно мати два дроти абсолютно однаково розташованими, проводи повинні бути близько один до одного наскільки можливо. Скручування проводів допомагає нейтралізувати будь-який залишкове електромагнітне випромінювання через кінцевої відстані між двома проводами.

### **1.8 Індуковані електромагнітні перешкоди**

Індуковані електромагнітні перешкоди - в основному та ж сама проблема, що і випромінювані, але навпаки. З'єднання, що використовуються в системі на основі RS-485, діють як антена, яка отримує небажані сигнали. Ці небажані сигнали можуть спотворювати корисні сигнали, що, в свою чергу, може привести до помилок у даних. З цієї ж самої причини, з якої віта пара допомагає запобігти випромінювання електромагнітних перешкод, вона також допоможе знизити вплив наводяться електромагнітних перешкод. Оскільки два дроти розташовані разом і скручені, шум, наведений на одному проводі буде мати тенденцію бути тим же самим, що й на другому дроті. Цей тип шуму називають "синфазним шумом". Оскільки приймачі RS-485 призначені для виявлення сигналів, які є протилежністю один одному, вони можуть легко придушувати шум, який є спільним для обох проводів.

### **1.9 Резистори узгодження**

Оскільки використовуються високі частоти і великі відстані, належна увага має бути приділена ефектам, що виникають в лініях зв'язку.

Резистор узгодження – це просто резистор, який встановлений на крайньому кінці або кінцях кабелю (рис. 1.7). В ідеалі, опір резистора узгодження дорівнює хвильовому опору кабелю.

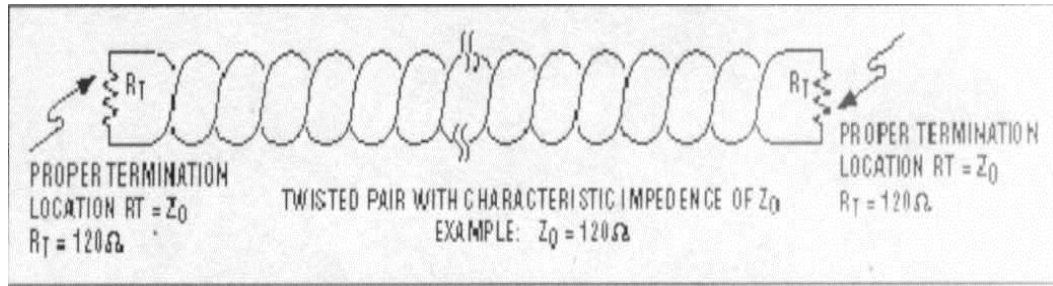


Рисунок 1.7 – Схема розташування резисторів узгодження

Резистор узгодження повинні мати опір, рівний хвильовому опору виті пари і повинні розміщуватися на далеких кінцях кабелю.

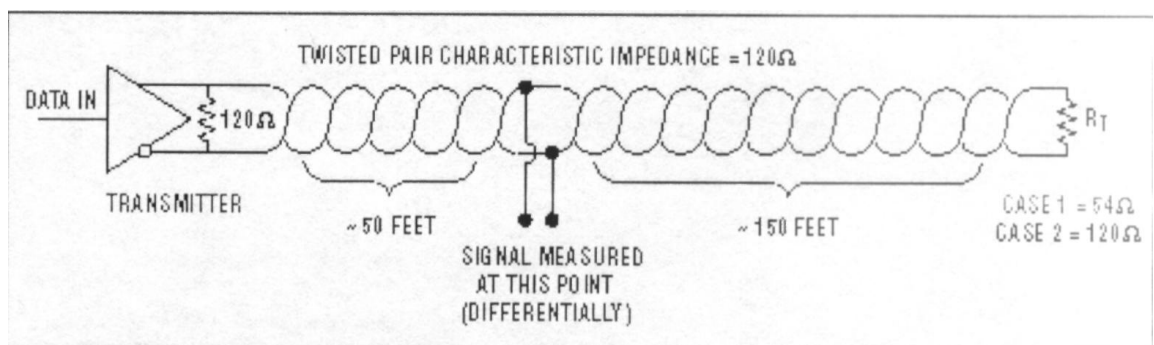
Якщо опір узгоджувальних резисторів не дорівнює хвильовому опору кабелю, відбудеться відображення, тобто сигнал повернеться по кабелю назад. Це описується рівнянням

$$\frac{(R_t - Z_0)}{(Z_0 + R_t)}, \quad (1.1)$$

де  $Z_0$  – опір кабелю;

$R_t$  – номінал резистора узгодження.

В силу того, що допустимих відхилень в кабелі і резисторі деякий відбиток неминучий, значні розбіжності можуть викликати достатньо великі відображення, для того, щоб привести до помилок у даних (рис. 1.8).



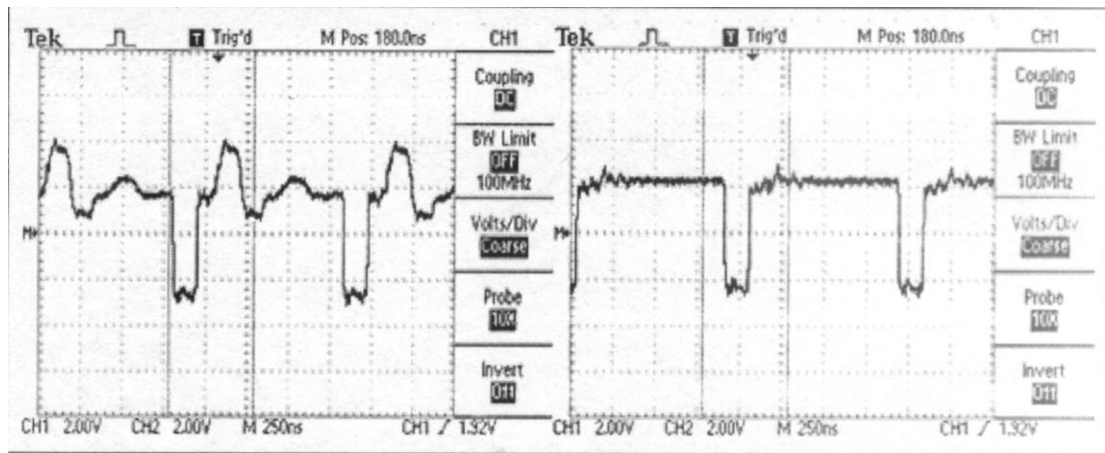


Рисунок 1.8 — Осцилограми некоректного (ліворуч) та коректного узгодження лінії

Для реалізації виміру використана мікросхема MAX3485 з навантаженим на 120-омну кручену пару та 54-омним резистором узгодження.

Пам'ятаючи про це, важливо забезпечити максимально-можливу близькість значень опору резистора узгодження і хвильового опору. Місце установки резистора узгодження так-же дуже важливо. Погоджують резистори повинні завжди розміщуватися на далеких кінцях кабелю.

Як загальне правило, погоджують резистори повинні бути поміщені на обох далеких кінцях кабелю. Хоча правильне узгодження обох кінців абсолютно критично для більшості системних дизайнів, можна стверджувати, що в одному спеціальному випадку необхідний тільки один узгоджувальний резистор, випадок має місце в системі, в якій є єдиний передавач, і цей єдиний передавач розташований на дальньому кінці кабелю. В цьому випадку немає необхідності розміщувати узгоджувальний резистор на кінці кабелю з передавачем, оскільки сигнал завжди поширюється від цього передавача.

### 1.10 Максимальне число передавачів і приймачів в мережі

Найпростіша мережа на основі RS-485 складається з одного передавача і одного приймача. Зі збільшенням числа передавачів RS-485 привносить велику гнучкість, в роботі системи послідовної передачі на одній звитій парі. Допустимий максимум залежить від того, наскільки кожен з пристроїв завантажує систему.

Кожен приймач, підключений до мережі і всі неактивні передавачі збільшують навантаження.

Щоб допомогти розробнику мережі на основі RS-485 з'ясувати, скільки пристроїв можуть бути додані до мережі, створена гіпотетична одиниця – одиничне навантаження (unit load). Всі пристрої, що підключаються до мережі RS-485, повинні характеризуватися частками одиничного навантаження. Для прикладу – MAX3485, який специфікований як одиничне навантаження, а MAX487 – як 1/4 одиничного навантаження [10].

Максимальне число одиничних навантажень на крученій парі, з належним чином погодженим кабелем, що має хвильовий опір 120 Ом або більше – 32.

Для наведених вище прикладів це означає, що в одну мережу можуть бути включені до 32 пристроїв MAX3485 або до 128 MAX487.

### **1.11 Висновки до розділу 1**

У першому розділі магістерської роботи проведено дослідження електричних та часових характеристик, конфігурації мережі, середовище передачі даних по інтерфейсу RS-485 для реалізації передачі інформації в послідовних каналах зв'язку,

Розглянуті та визначені проблеми, що впливають на якість та дальність передачі інформації, а саме, електромагнітні, індуковані перешкоди, неузгодженість середовища передачі. Визначені задачі для подальшого дослідження.

## РОЗДІЛ 2

### ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ПОСЛІДОВНОГО ІНТЕРФЕЙСУ В ПРОМИСЛОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

#### 2.1 Застосування інтерфейсу RS-485 у промисловому виробництві

В умовах промислового застосування бездротові лінії передачі даних ніколи не зможуть повністю замінити дротяні. Серед останніх найпоширенішим і надійним досі залишається послідовний інтерфейс RS-485. А виробником найбільш захищених від зовнішніх впливів і різноманітних по конфігурації і ступеня інтеграції приймачів для нього, в свою чергу, залишається компанія Maxim Integrated.

Незважаючи на зростання популярності бездротових мереж, найбільш надійний і стійкий зв'язок, особливо в жорстких умовах експлуатації, забезпечують провідні лінії зв'язку. Правильно спроектовані провідні мережі дозволяють реалізувати ефективний зв'язок в промислових додатках і в системах автоматизованого керування виробничими процесами, забезпечуючи стійкість до перешкод, електростатичних розрядів і перенапруги. Відмінні риси інтерфейсу RS-485 зумовили його широке застосування в індустрії.

Розробники промислових систем стикаються зі складними завданнями щодо забезпечення їх надійної експлуатації в електромагнітній обстановці, що здатна вивести з ладу обладнання або порушити роботу цифрових систем передачі даних. Одним із прикладів подібних систем є автоматичне керування технологічним обладнанням на автоматизованому промисловому підприємстві. Контролер, керуючий процесом, вимірює його параметри, а також параметри навколишнього середовища, і передає команди виконавчим пристроям або формує аварійні оповіщення. Промислові контролери являють собою, як правило, мікропроцесорні пристрої, архітектура яких оптимізована для вирішення завдань даного промислового підприємства. Лінії передачі даних топології «точка-точка» в таких системах схильні до сильних електромагнітних перешкод від впливу навколишнього середовища.

Перетворювачі постійної напруги, що використовуються в промисловому виробництві, працюють з високими вхідними напругами і забезпечують ізольовані від входу напруги для живлення навантаження. Для живлення пристроїв розподіленої системи, що не мають власного мережевого джерела живлення, використовуються напруги +24 або +48 В. Живлення кінцевого навантаження здійснюється напругою +12



або +5 В, отриманої шляхом перетворення вхідної напруги. Системам, які забезпечують зв'язок з віддаленими датчиками або виконавчими пристроями, потрібен захист від перехідних процесів, електромагнітних перешкод і різниці потенціалів «землі».

Багато компаній, такі як Maxim Integrated, докладають великих зусиль, щоб інтегральні мікросхеми для промислових застосувань відрізнялися високою надійністю і стійкістю до несприятливої електромагнітної обстановки. Приймачі RS-485 виробництва компанії Maxim містять вбудований ланцюг захисту від високовольтних електростатичних розрядів і імпульсних перенапруг і володіють можливістю «гарячої» заміни без втрати даних в лінії.

## 2.2 Порівняння інтерфейсів RS-485 та RS-422

Приймач RS-485 є найбільш поширеним інтерфейсом фізичного рівня для реалізації мереж з послідовною передачею даних, призначених для жорстких умов експлуатації в промислових цілях і в системах автоматизованого керування різноманітними процесами. Даний стандарт послідовного інтерфейсу забезпечує обмін даними з високою швидкістю на порівняно велику відстань по одній диференційній лінії (крученій парі). Основна проблема застосування RS-485 в промисловості і в системах автоматизованого управління будівлями полягає в тому, що електричні перехідні процеси, що виникають при швидкій комутації індуктивних навантажень, електростатичні розряди, а також імпульсні перенапруги, впливаючи на мережі автоматизованих систем управління, здатні спотворити передані дані або привести до виходу технічних засобів з ладу.

В даний час існує декілька типів інтерфейсів передачі даних, кожен з яких розроблений для конкретних застосувань з урахуванням необхідного набору параметрів і структури протоколу. До числа інтерфейсів послідовної передачі даних відносяться CAN, RS-232, RS-485/RS-422, I<sup>2</sup>C, SPI і SMBus та ін., проте RS-485 і RS-422, як і раніше, залишаються найбільш надійними, особливо в жорстких умовах експлуатації.

Інтерфейси RS-485 і RS-422 багато в чому схожі, однак мають деякі істотні відмінності, які необхідно враховувати при проектуванні систем передачі даних. Відповідно до стандарту TIA/EIA-422, інтерфейс RS-422 специфікований для промислових застосувань з одним провідним пристроєм шини даних, до якої може бути підключено до 10 пристроїв (рис. 2.1).

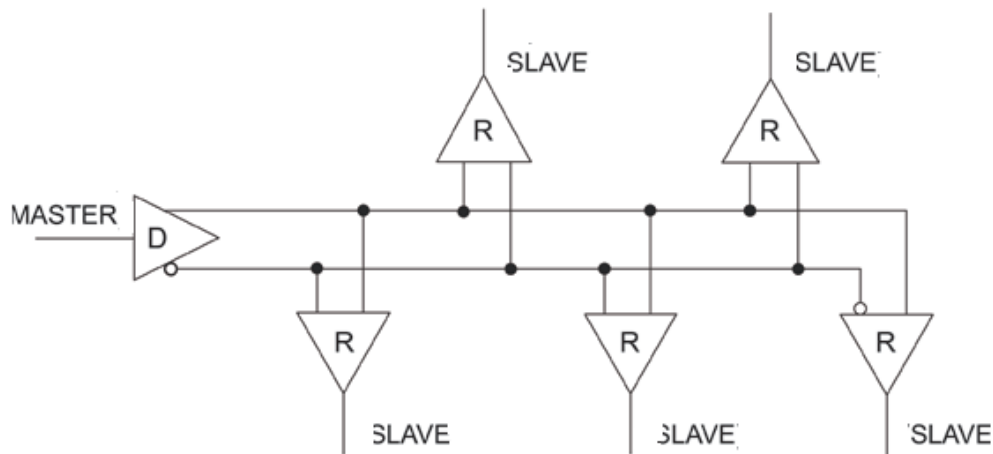


Рисунок 2. 1 – Інтерфейс RS-422 з підключенням декількох приймальних пристроїв до загальної лінії зв'язку

Інтерфейс забезпечує передачу на швидкості до 10 Мбіт/с, використовуючи кручену пару, що дозволяє підвищити стійкість і досягти максимально можливої дальності і швидкості передачі даних. Типові області застосування RS-422 – автоматизація різноманітних виробничих процесів, комплексна автоматизація виробництва (автомобільна і металообробна промисловість), системи вентиляції та кондиціонування, системи безпеки, управління двигунами і контроль за переміщенням об'єктів.

RS-485 забезпечує більш високу гнучкість завдяки можливості використання кількох провідних пристроїв на загальній шині, а також збільшення максимального числа пристроїв на шині з 10 до 32. Відповідно до стандарту TIA/EIA-485, інтерфейс RS-485 в порівнянні з RS-422 має більш широкий діапазон синфазної напруги ( $-7 \dots 12$  В замість  $\pm 7$ В) і дещо менший діапазон диференціальної напруги ( $\pm 1,5$  В замість  $\pm 2$  В), що забезпечує достатній рівень сигналу приймача при максимальному навантаженні лінії. Використовуючи розширені можливості шини даних з багатьма точками, можна створювати мережі пристроїв, підключених до одного послідовного порту RS-485. Завдяки високій стійкості до перешкод і можливості таких підключень RS-485 є найкращим серед послідовних інтерфейсів для використання в промислових розподілених системах, що підключаються до програмованого логічного контролера (PLC), графічного контролера (HMI) або іншим контролерам для збору даних. Оскільки RS-485 є розширеним варіантом RS-422, всі пристрої RS-422 можуть підключатися до шини, керованої провідним пристроєм RS-485. Типові області застосування для RS-485

аналогічні перерахованим вище областям застосування RS-422, при цьому більш часте використання RS-485 пояснюється його розширеними можливостями.

### 2.3 RS-485 – найпопулярніший промисловий інтерфейс

Стандарт TIA/EIA-485 допускає використання RS-485 на відстані до 1200 м. На більш коротких дистанціях швидкості передачі даних - більше 40 Мбіт/с. Використання диференціального сигналу забезпечує інтерфейсу RS-485 більш високу дальність, однак швидкість передачі даних зменшується в міру збільшення довжини лінії. На швидкість передачі даних впливає також площа перерізу проводів лінії і число пристроїв, підключених до неї. При необхідності отримання одночасно великої дальності і високої швидкості передачі даних рекомендується використовувати приймачі RS-485 з вбудованою функцією високочастотної корекції, наприклад, MAX3291. Інтерфейс RS-485 може використовуватися в напівдуплексному режимі із застосуванням однієї крученої пари проводів або в дуплексному режимі з одночасними передачею і прийомом даних, що забезпечується використанням двох кручених пар (чотири дроти). У багатоточковій конфігурації в напівдуплексному режимі RS-485 здатний підтримувати до 32 передавачів і до 32 приймачів. Однак мікросхеми приймачів нового покоління мають більш високий вхідний імпеданс, що дозволяє знизити навантаження приймача на лінію від 1/4 до 1/8 стандартного значення. Наприклад, при використанні приймача MAX13448E число приймачів, що підключаються до шини RS-485, може бути збільшено до 256. Завдяки розширеному багатоточковому інтерфейсу RS-485 є можливість побудови мереж різних пристроїв, підключених до одного послідовного порту, як показано на рис. 2.2.

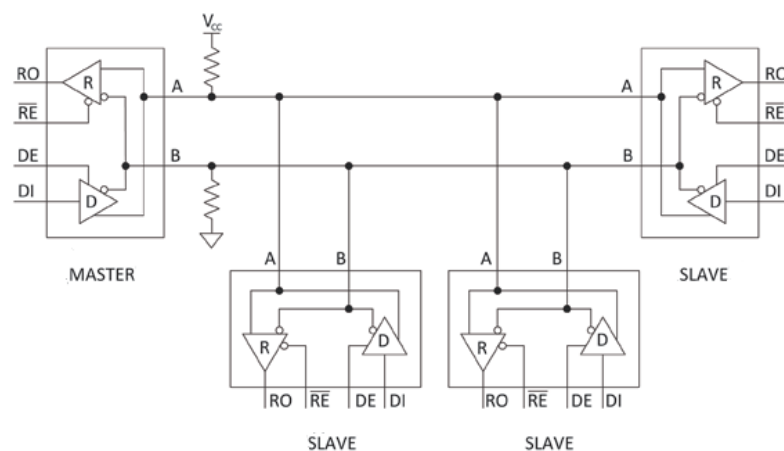


Рисунок 2.2 – Багатоточкова напівдуплексна система, що використовується в промислових додатках

Чутливість приймача становить  $\pm 200$  мВ. Отже, для розпізнавання одного біта даних рівні сигналу в точці підключення приймача повинні бути більше  $+200$  мВ для нуля і менше  $-200$  мВ для одиниці (рисунок 2.3). При цьому приймач буде зменшувати перешкоди, рівень яких знаходиться в діапазоні  $\pm 200$  мВ. Диференціальна лінія забезпечує також ефективне зменшення синфазних перешкод. Мінімальна вхідний опір приймача становить  $12$  кОм, вихідна напруга передавача знаходиться в діапазоні  $\pm 1,5 \dots \pm 5$  В (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Мінімальні рівні сигналів в лінії RS-485

## 2.4 Захист систем передачі даних від несприятливих зовнішніх впливів

### 2.4.1 Посилений захист від електростатичного розряду

Електростатичний розряд (ЕСР) виникає при зіткненні двох протилежно заряджених матеріалів, внаслідок чого відбувається перенесення статичних зарядів і формується іскровий розряд [12]. ЕСР часто виникає при контакті людей з навколишніми предметами. Іскрові розряди, що виникають при недбалому поводженні з напівпровідниковими приладами, можуть істотно погіршити їх характеристики або привести до повного руйнування напівпровідникової структури. ЕСР може виникнути, наприклад, при заміні кабелю або простому дотику до порту вводу-виводу і привести до відключення порту внаслідок виходу з ладу однієї або декількох мікросхем інтерфейсу (рис. 2.4, рис. 2.5).

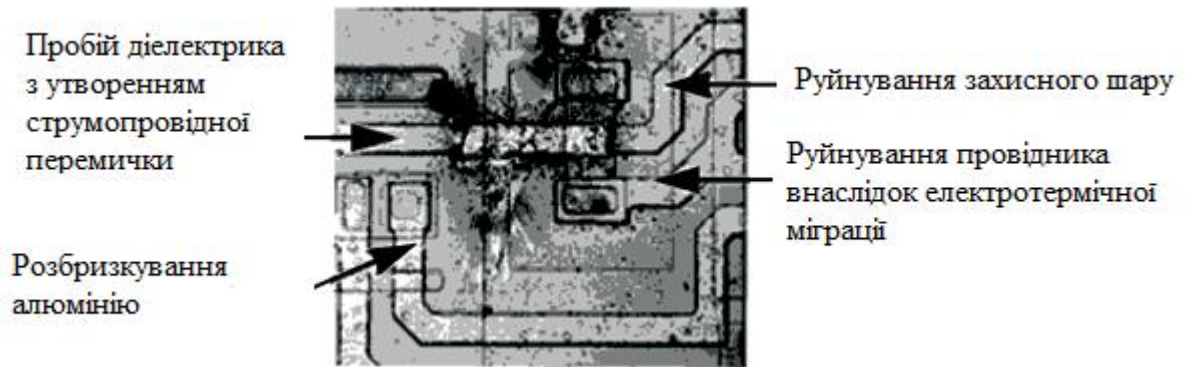


Рисунок 2.4 – Результат електростатичного розряду на кристал мікросхеми з недостатнім рівнем захисту

Подібні аварії можуть призводити до значних збитків, так як підвищують вартість гарантійного ремонту і сприймаються споживачами як наслідок низької якості продукту. У промисловому виробництві ЕСР є серйозною проблемою, яка здатна заподіяти збитки в мільярди доларів щорічно. У реальних умовах експлуатації ЕСР може привести до відмови окремих компонентів, а іноді і системи в цілому [13].

Для захисту інтерфейсів передачі даних можуть використовуватися зовнішні діоди, проте деякі інтерфейсні мікросхеми містять вбудовані компоненти захисту від ЕСР і не вимагають додаткових зовнішніх ланцюгів захисту.

На рисунку 2.5 показана спрощена функціональна схема типового вбудованого ланцюга захисту від ЕСР [14].

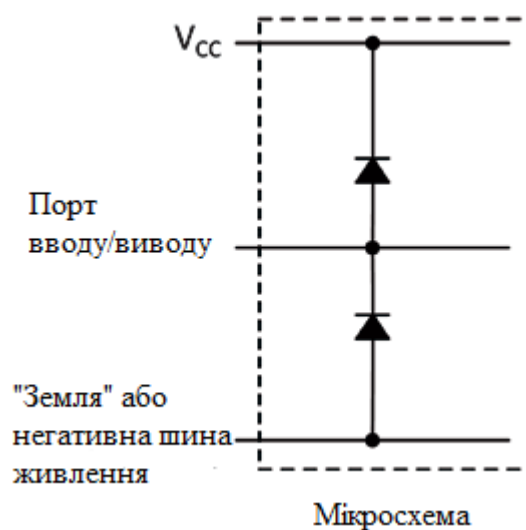


Рисунок 2.5 – Спрощена схема вбудованого ланцюга захисту порту від ЕСР

Імпульсні перешкоди в сигнальній лінії обмежуються діодною схемою захисту на рівнях напруги живлення VCC і «землі» і, таким чином, захищають внутрішню частину схеми від пошкоджень. Мікросхеми інтерфейсів і аналогові комутатори з вбудованим захистом від ЕСР, що в даний час випускаються, в основному відповідають стандарту МЕК (IEC) 61000-4-2 [15].

Компанія Maxim Integrated інвестувала значні кошти в розробку мікросхем з надійно вбудованим захистом від ЕСР і в даний час займає лідируючі позиції у виробництві приймачів інтерфейсів від RS-232 до RS-485. Дані пристрої витримують вплив випробувальних імпульсів ЕСР безпосередньо на порти введення-виведення, відповідно до рекомендацій МЕК (IEC) 61000-4-2 та JEDEC JS-001. Рішення компанії Maxim в області захисту від ЕСР відрізняються надійністю, доступністю, відсутністю додаткових зовнішніх компонентів і меншою вартістю у порівнянні з більшістю аналогів. Всі мікросхеми інтерфейсів виробництва цієї компанії містять вбудовані елементи, що забезпечують захист кожного виводу мікросхеми від ЕСР, що виникають в процесі виробництва і експлуатації. Приймач сімейства MAX3483AE/MAX3485AE забезпечує захист виходів передавачів і входів приймачів від впливу високовольтних імпульсів амплітудою до  $\pm 20$  кВ. При цьому зберігається нормальний режим роботи виробів, не потрібно виключення і повторного включення живлення. Крім того, вбудовані елементи захисту від ЕСР забезпечують функціонування при включенні і виключенні живлення, а також в черговому режимі з низьким енергоспоживанням.

#### **2.4.2 Захист від перенапруг**

У промислових застосуваннях входи і виходи драйверів RS-485 схильні до збоїв, що виникають в результаті імпульсних перенапруг. Параметри імпульсних перенапруг відрізняються від ЕСР - в той час як тривалість ЕСР зазвичай знаходиться в діапазоні до 100 нс, тривалість імпульсних перенапруг може становити 200 мкс і більше. Причинами виникнення перенапруг можуть бути помилки монтажу, погані контакти, пошкоджені або несправні кабелі, а також краплі припою, які можуть утворювати струмопровідні з'єднання між силовими і сигнальними лініями на друкованій платі або в роз'ємі. Оскільки в промислових системах електроживлення використовуються напруги, що перевищують +24 В, вплив таких напруг на стандартні приймачі RS-485, які не мають захисту від перенапруги, призведе до їх виходу з ладу протягом декількох хвилин або навіть секунд. Для захисту від імпульсних перенапруг звичайні мікросхеми інтерфейсу RS-485 вимагають дорогих зовнішніх пристроїв, виконаних на дискретних компонентах. Приймач

RS-485 з вбудованим захистом від перенапруг здатен витримувати синфазні перешкоди в лінії передачі даних до  $\pm 40$ ,  $\pm 60$  і  $\pm 80$  В. Компанія Maxim виробляє лінійку приймачів RS-485/RS-422 MAX13442E ... MAX13444E стійких до постійних напруг на входах і виходах до  $\pm 80$  В відносно «землі». Елементи захисту функціонують незалежно від поточного стану мікросхеми, - чи включена вона, вимкнена або знаходиться в черговому режимі, - що дозволяє характеризувати дані приймачі як найбільш надійні в галузі, що ідеально підходять для промислових застосувань. Приймачі виробництва компанії Maxim зберігають працездатність при перенапруженнях, обумовлених замиканням силових і сигнальних ліній, помилками монтажу, неправильним підключенням роз'ємів, дефектами кабелів і неправильною експлуатацією.

### 2.4.3 Стійкість приймачів до невизначених станів лінії

Важливою характеристикою мікросхем інтерфейсу RS-485 є несприйнятливість приймачів до невизначених станів лінії, що гарантує установку високого логічного рівня на виході приймача при розімкнутих або замкнутих входах, а також при переході всіх передавачів, підключених до лінії, в неактивний режим (високоімпедансний стан виходів). Проблема коректного сприйняття приймачем сигналів замкнутої лінії даних вирішується шляхом зміщення порогів вхідного сигналу до негативних напруг  $-50$  і  $-200$  мВ. Якщо вхідна диференціальна напруга приймача  $V_A - V_B$  більше або дорівнює  $-50$  мВ - на виході  $R_0$  встановлюється високий рівень. Якщо  $V_A - V_B$  менше або дорівнює  $-200$  мВ - на виході  $R_0$  встановлюється низький рівень. При переході всіх передавачів в неактивний стан і наявності в лінії кінцевого навантаження диференціальна вхідна напруга приймача близько до нуля, внаслідок чого на виході приймача встановлюється високий рівень. При цьому запас завадостійкості по входу становить  $50$  мВ. На відміну від приймачів попереднього покоління, пороги  $-50$  і  $-200$  мВ відповідають значенням  $\pm 200$  мВ, встановленим стандартом EIA / TIA-485.

### 2.4.4 Можливість «гарячої» заміни

Структурна схема захисту входів при «гарячій» заміні на прикладі входу DE показана на рис. 2.6.

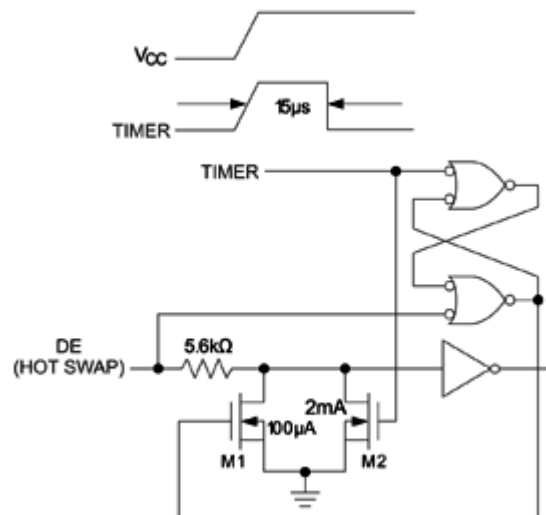


Рисунок 2.6 – Спрощена структурна схема захисту входу DE при «гарячій» заміні

Схема з «гарячою» заміною виключає появу помилкових імпульсів в лінії передачі даних при ініціалізації інтерфейсного пристрою або підключення його до об'єднаної панелі. Схеми обмеження струму короткого замикання і відключення внаслідок перегріву захищають приймач від надмірно великого розсіювання тепла. Гаряча заміна плат приймачів може викликати небажані перехідні процеси на лініях DE, DE/RE, RE і входах приймачів А і В, які можуть привести до помилок в передачі даних.

Наприклад, при першій установці плати процесор виконує операції запуску по включенню живлення. У цьому інтервалі часу виходи передавача знаходяться в високоімпедансному стані, що не дозволяє йому встановити детерміновані рівні сигналів на вході приймача. У той же час струм витоку високоімпедансного виходу на рівні 10 мкА або паразитний ємнісний зв'язок з ланцюгами живлення або землі можуть створити напругу зміщення на вході приймача, яку буде сприйнято ним як невірний логічний стан. Мікросхеми приймачів MAX3440E/MAX3443E містять вбудовану схему утримання постійних рівнів ліній DE, DE/RE і RE при «гарячій» заміні. При збільшенні напруги живлення  $V_{CC}$  внутрішня схема зміщує рівень сигналу DE до землі (до напруги живлення для лінії RE) і утримує його не менше 10 мкс до тих пір, поки впаде струм DE до 200 мкА.

Після етапу первісного запуску по включенню живлення схема утримання рівнів відключається і безпосередньо пропускає сигнал. У вхідному ланцюзі дозволу роботи приймача DE є два n-канальних МОН-транзистора - M1 і M2. При подачі живлення  $V_{CC}$  внутрішній таймер на 15 мкс відкриває транзистор M2 і встановлює RS-тригер, який відкриває також M1. Транзистори M2 і M1 зі струмовими стоками 2 мА і 100 мкА відповідно, зміщують потенціал DE до землі через резистор 5,6 кОм. Транзистор M2



здатний утримувати контакт DE у відключеному стані при зовнішній паразитній ємності до 100 пФ. Після закінчення 15 мкс таймер закриває M2, а M1 залишається відкритим, утримуючи низький рівень DE, що перешкоджає зсуву потенціалу DE до високого рівня внаслідок струмів витоку високоімпедансних виходів передавачів. M1 залишається включеним до тих пір, поки струм зовнішнього джерела струму не перевищить необхідний вхідний струм. У цей момент RS-тригер скидається і закриває M1, при цьому DE стає стандартним високоомним КМОП-входом. При зменшенні VCC нижче 1 В вхід відключається. Компліментарна схема входу RE використовує два р-канальних МОП-транзистора для зміщення рівня RE до потенціалу  $V_{CC}$ .

## 2.5 Висновки до розділу 2

У другому розділі магістерської роботи проведено дослідження використання послідовних каналів передачі даних у промислових системах. У більшості таких систем використовується найнадійніший з послідовних інтерфейсів – RS-485. Визначені переваги застосування інтерфейсу RS-485 перед інтерфейсом RS-422. При його застосуванні кількість ліній передачі даних зменшується вдвічі, рівень напруги збільшується до +12 В (для RS-422 цей показник складає +6 В), що дає можливість збільшення відстані до 1200 м.

Запропоновані методи підвищення стійкості приймачів до невизначеності стану лінії, захисту систем передачі даних від несприятливих зовнішніх впливів, а саме, від електростатичного розряду та перенапруги.

Під час експлуатації блоків можлива їх «гаряча» заміна за рахунок застосування гальванічно-розв'язаної вихідної частини

Автоматизовані виробництва функціонують в умовах несприятливої електромагнітної обстановки, тому розробнику системного рівня необхідно враховувати наявність паразитних напруг, що виникають при перехідних процесах, і розробляти обладнання, стійке до зовнішніх впливів. Сучасні мікросхеми приймачів RS-485 містять вбудовані елементи, що реалізують посилений захист від електростатичного розряду, захист від перенапруг і можливість «гарячої» заміни, що оберігає мікросхеми інтерфейсу RS-485 від несприятливих зовнішніх впливів, підтримуючи тим самим високу надійність системи передачі даних.

## РОЗДІЛ 3

### ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ НА БАЗІ ДВОКАНАЛЬНОГО КОНТРОЛЕРА ІНТЕРФЕЙСУ RS-485

#### 3.1 Дослідження перешкод у конверторах напруги

Перешкоди, що виникають у вихідних каскадах інтерфейсу RS-485 впливають на роботу передавачів/приймачів (драйверів) комунікаційної частини блоків. При цьому знижуються якість передачі інформації по інтерфейсу RS-485. Від стабільності джерела живлення гальванічно-розв'язаної частини таких блоків залежить стабільна робота передавачів/приймачів інтерфейсу RS-485 [17]. Під час роботи конверторів напруги виникають перешкоди загального вигляду. Необхідно дослідити конвертори напруги Maxim MAX253 [18] та запропонувати ефективні методи зменшення впливу перешкод, що впливають на драйвери та елементи гальванічної розв'язки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Надійна передача інформації в таких мережах залежить не тільки від вибору мікросхеми, що забезпечує фізичну реалізацію інтерфейсу RS-485 відповідно до вимог замовника, а й від якості сполучних проводів в системі передачі даних [19]. Розробникам мереж на базі інтерфейсу RS-485 доводиться стикатися з проблемами реалізації надійної передачі інформації в таких мережах. Дослідження та рекомендації, що відображені в [3], дозволили значно підвищити надійність живлення дискретних елементів вузла гальванічної розв'язки. Драйвери вихідних забезпечують надійну передачу даних в присутності навантаження на лінію передачі, а диференційні входи їх приймачів можуть пригнічувати значні синфазні напруги [20].

З вищенаведеного важливо дослідити конвертор MAX253 та розробити рекомендації, щодо його застосування для живлення дискретних елементів гальванічної розв'язки вихідного каскаду та драйверів інтерфейсу RS-485.

#### 3.2 Дослідження конвертора напруги MAX253 фірми Maxim

У якості зразка для дослідження, як типовий представник такого класу обладнання для використання у вихідних каскадах інтерфейсу RS-485, обраний конвертор MAX253 фірми Maxim з наступними характеристиками:

- вхідна напруга,  $U_{вх.} - +5 \text{ В}$ ;
- вихідна напруга,  $U_{вих.} - +5 \text{ В}$ ;

- вихідний струм,  $I_{\text{вих.}}$  – 100 мА;
- потужність споживання,  $P$  – 1 Вт;
- перешкоди від перехідних процесів,  $U_{\text{р-р}}$  – 75 мВ (у смузі частот до 20 МГц);
- частота внутрішнього генератора – 100 кГц.

Типова схема включення конвертора представлена на рис. 3.1.

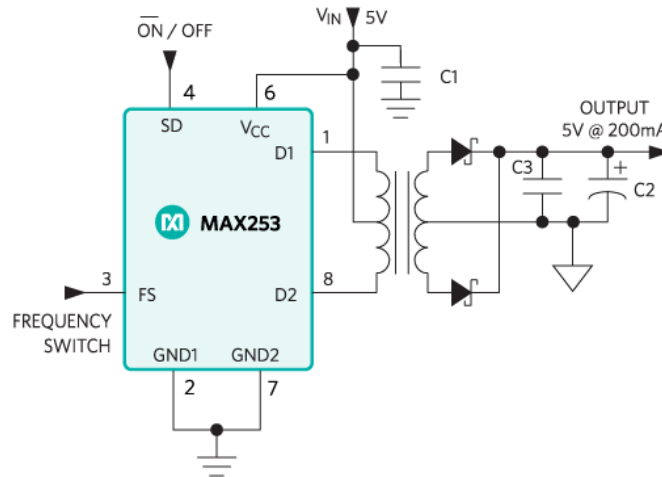


Рисунок 3. 1 – Схема підключення конвертора MAX253

Характеристики даного конвертора повністю відповідають вимогам щодо реалізації живлення вихідних елементів комунікаційної частини та драйверів інтерфейсу в частині вихідної напруги та струму споживання.

З метою аналізу діапазону вихідних параметрів конвертора та впливу перешкод на його роботу розглянута внутрішня принципова схема конвертора.

Для дослідження вихідних характеристик конвертора та перешкод, що впливають на його роботу обрана схема, що представлена на рис. 3.2.

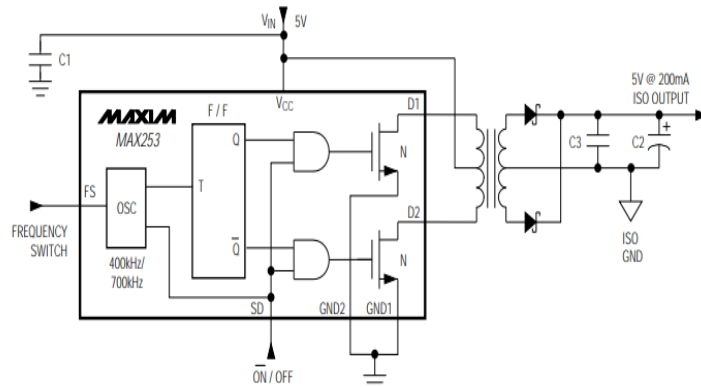


Рисунок 3.2 – Внутрішня структура конвертора

Як видно з рис. 3.2, конвертор містить внутрішній генератор частотою 400 КГц/700 КГц (OSC), тригер типу D (F/F), два елементи, що виконують логічну операцію АБО (про що свідчить зовнішній сигнал керування (ON/OFF) та два польових транзистори (D1, D2).

Робота конвертора здійснюється у двотактному режимі, а вихідну напругу живлення елементів підтримують польові транзистори. Виходячи з роботи схеми внутрішня частота генератора ділиться на тригері на два. Такий підхід часто застосовують розробники для генерації елементів комунікаційних частин блоків. З точки зору впливу перешкод ключовим моментом такої схеми є надійність роботи саме польових транзисторів конвертора. Як додаткові заходи фільтрації від перешкод по низькій частоті можна запропонувати включення конденсатора С3, а по високій частоті – С2.

Слід зазначити, що при реалізації апаратної частини саме вихідних каскаді таких блоків застосування електролітичних конденсаторів для захисту від перешкод по низькій частоті, а також трансформаторів приводить до збільшення габаритів пристроїв.

Для дослідження роботи конвертора, в плані надійності його роботи під впливом перешкод, на його вхід подавалась напруга +5 В від джерела живлення без стабілізації. Перевагою застосування таких конверторів для живлення ізольованої частини вихідного інтерфейсу є уніфікація джерела живлення до значення +5 В, так як наявність ще б одного джерела ускладнила б апаратну реалізацію блоків.

На виході напруга під час дослідження склала +5 В. З метою визначення діапазону впливу перешкод на стабільну роботу конвертора фільтрація вихідної напруги не проводилась.

В результаті дослідження амплітуди перешкод на вході та виході конвертора отримані наступні діаграми (рис. 3.3 та рис. 3.4). Вимір проводився осцилографом С1-64. Одне ділення розгортки осцилографа складає 2 мікросекунди.

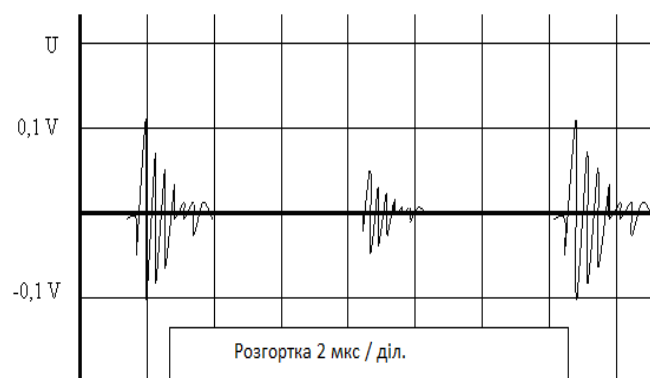


Рисунок 3.3 – Перешкода на вході конвертора

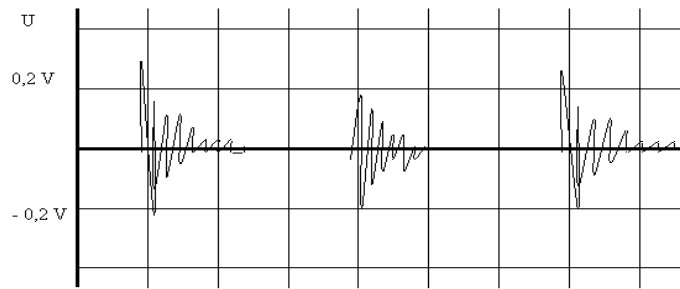


Рисунок 3.4 – Перешкода на виході конвертора

Аналіз часових діаграм свідчить про режим роботи вихідного каскаду конвертора, що складається з двох тактів. Наявність внутрішніх елементів (внутрішній генератор, тригер, логіка, транзистори тощо) впливає на деяке зміщення фази коливальних процесів на вході і виході конвертора. Причому, за рахунок вихідних транзисторів рівень перешкоди на виході конвертора навіть збільшується від  $\pm 0,1$  В до  $\pm 0,2$  В, що є негативним явищем. Коливальний процес триває в межах 2 мкс і має тенденцію до затухання. Даний експеримент свідчить що внутрішні елементи конвертора справляються з задачею зменшення впливу перешкоди на його роботу і час дії перешкоди не тривалий.

Зміна амплітуди перехідного процесу відбувається з початком нового фронту імпульсу. Для дослідження роботи трансформатора застосована схема підключення, що наведена на рис. 3.5.

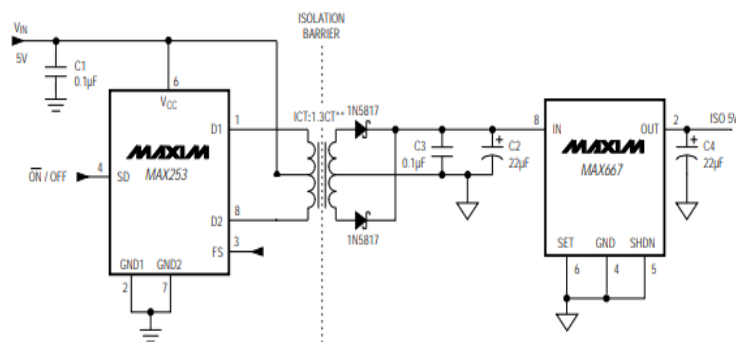


Рисунок 3.5 – Електрична схема з використанням стабілізатора

Застосування трансформатора у якості ізоляційного бар'єру створює гальванічний зв'язок між виходом конвертора та входом стабілізатора MAX667. На роботу

трансформаторної частини впливає індуктивність розсіювання, оскільки магнітне поле не є ідеальним зв'язком обмоток трансформатора – магнітне осердя та ін. В такому випадку передбачаємо присутність паразитних ємностей на вході та виході трансформатора.

Вище наведені недоліки впливають на форму коливального процесу (див. рис. 3.3 та рис. 3.4) вигляд якої є характерною ознакою перешкод, що генерує трансформатор. Якщо параметр періоду коливаний перехідного процесу конвертора дорівнює 35 нс, то частота складатиме

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{35 \cdot 10^{-9}} \approx 28 \text{ МГц} \quad (3.1)$$

Отримане значення частоти коливального процесу свідчить про наявність перешкод загального виду та необхідність застосування додаткових заходів для зменшення значення перешкод на роботу конвертора.

Використання осцилографа для отримання осцилограм дозволила пересвідчитись у наявності перешкод загального вигляду, аналогічних за формою наведеним на рис. 3.3 та рис. 3.4.

Розробники мережевих пристроїв часто стикаються з проблемою наявності перешкод даного типу. Тому доводиться застосовувати додаткові заходи їх нейтралізації.

Якщо визначений період перемикання транзисторів конвертора (див. рис. 3.3, рис. 3.4) дорівнює 12 мкс, то частота перемикання становить

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{12 \cdot 10^{-6}} \approx 83 \text{ кГц} \quad (3.2)$$

Для дослідження частоти перемикання польових транзисторів застосована схема, зображена на рис. 3.6.

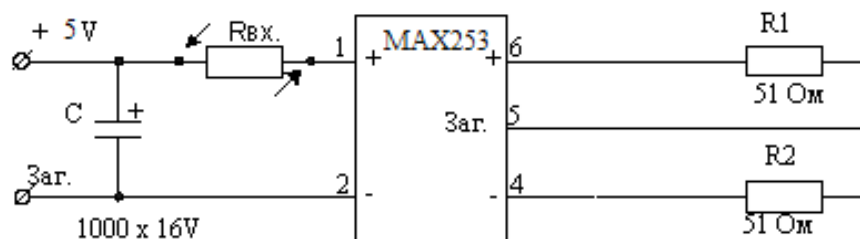


Рисунок 3.6 – Схема для дослідження струму на вході конвертора

Номінал напруги визначався на резисторі  $R_x$ .

На рис. 3.7 наведений викид імпульсу струму. Номінал  $R$  дорівнює 100 Ом.

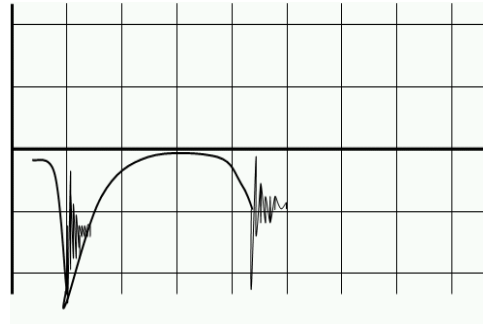


Рисунок 3.7 – Струму на вході конвертора

Напруга на резисторі  $R$  відповідає струму на вході конвертора.

Зменшення значення струму відбувається з моменту закриття вихідних транзисторів. В подальшому значення струму збільшується. Це підтверджує роботу конвертора у два такти. про

Ідентичність перехідного процесу пояснюється відкритим станом обох вихідних транзисторів та їх насиченням, що призводить до викиду додаткового значення струму на вихід конвертора. Через затримку на елементах конвертора час відкритих транзисторів не є ідентичний, чим і пояснюється зсув імпульсів на рис. 3.8, на якому наведені сигнали на вході елементів  $D1, D2$  і виході  $D1, D2$ .

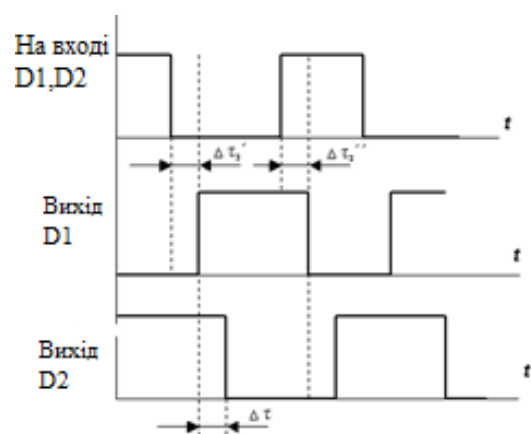


Рисунок 3.8 – Затримка вихідних імпульсів

Цим ефектом пояснюється зсув імпульсів на рис 8. Аналогічні викиди можливі і в трансформаторах. Під час закриття транзистора, що знаходився більший час у відкритому стані, відбувається перехідний процес з більш тривалим проміжком часу та амплітудою.

Підключення високочастотних конденсаторів або дроселів не призводить до позитивного результату.

Слід зазначити інверсність перешкоди на виході конвертора (див. рис. 3.3 та рис. 3.4).

При підключенні до загальних ланцюгів конвертора осцилографа з короткозамкненими на вході контактами кабелю на екрані осцилографа спостерігається форма перешкоди загального вигляду, аналогічна перешкоді на вході (див. рис. 3) і виході (див. рис. 3.4) конвертора (рис. 3.9).

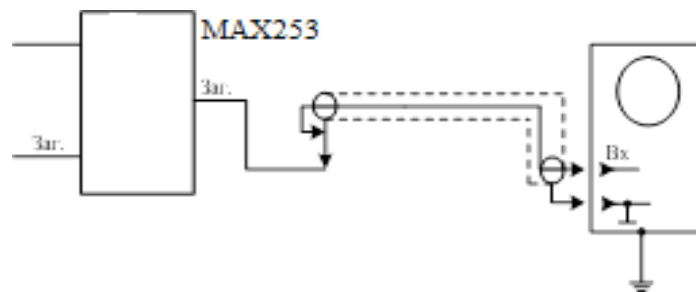


Рисунок 3.9 – Підключення осцилографа

З рис. 3.9 слідує, що вхідний кабель осцилографа представляє для перешкод загального вигляду трансформатор, первинна обмотка якого підключена між загальним проводом конвертора і «землею», а вторинна – між загальним проводом і сигнальним входом осцилографа. Якщо на вході кабелю осцилографа підключити вимірювальний трансформатор (рис. 3.10), то перешкоду загального вигляду на екрані не зафіксуємо.

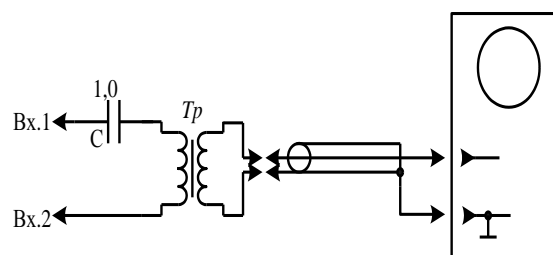


Рисунок 3.10 – Підключення на вході кабелю осцилографа роздільного трансформатора



Конденсатор  $C$  ємністю  $1 \text{ мкФ}$  на вході трансформатора виключає постійну складову через первинну обмотку при дослідженні перешкод у ланцюгах конвертора. Ці ланцюги конвертора, як і загальні контакти, для перешкод загального вигляду тотожні.

Експеримент з роздільним трансформатором підтверджує, що мають місце перешкоди загального вигляду.

### 3.3 Рекомендації щодо реалізації вихідного каскаду

Для зменшення перешкод загального вигляду, що впливають на роботу конвертора, слід зазначити використання наступних технічних рішень:

1. Використати конденсатори ємністю  $500\text{-}1000 \text{ мкф}$  як фільтри низької частоти.
2. Підключити паралельно обмоткам трансформатора RC-ланцюжок. Значення конденсатора  $C$  вибирається з умови

$$X_c \ll R, \quad (3.3)$$

де  $X_c = 1000 \text{ мкф}$ ;

$R = 10 \text{ кОм}$ .

3. Підключити паралельно конвертору RC-ланцюжок (рис. 3.11). Для проведення дослідження обрано значення  $R = 10 \text{ кОм}$ ,  $C = 10000 \text{ пФ}$ .

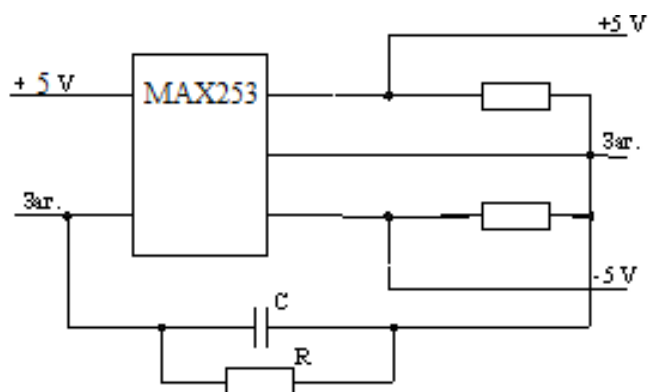


Рисунок 3.11 – RC-ланцюжок

4. Використання поздовжніх трансформаторів (рис. 3.12).

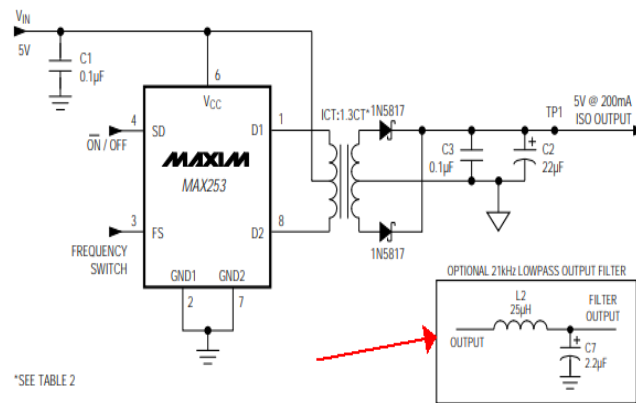


Рисунок 3.12 – Підключення поздовжнього трансформатора

Недоліком рішень, запропонованих в п.2. та 3, є гальванічний зв'язок між обмотками трансформатора. Розв'язка конвертора по змінному струму відбувається за рахунок конденсатора. В свою чергу не останню роль в такому використанні відіграють і великі габарити конденсатора.

Для зменшення впливу синфазних перешкод пропонується застосувати наступні шляхи до вирішення цієї проблеми:

1. Обрати схему підключення конвертора наведену на рис. 3.13 (середня точка обмотки трансформатора підключена до джерела живлення) з додатковими елементами фільтрації.

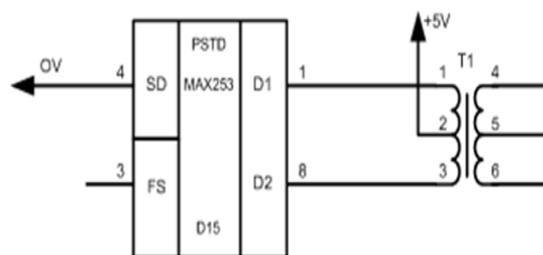


Рисунок 3.13 – Фрагмент застосування конвертора MAX253

Недоліком даного методу є загальна недосконала технологія виробництва трансформаторів.

2. Використати поздовжні трансформатори (див. рис. 3.12).

Слід зазначити, що для практичного використання для зменшення синфазних перешкод прийнятним є лише використання поздовжніх трансформаторів.

### 3.4 Апаратні засоби контролера Fastwel I/O

До складу апаратних засобів комерційного варіанти серії Fastwel I/O на даний час входять три типи програмованих контролерів для мереж CANopen, RTU/ASCII і Modbus/TCP, а також понад 20 типових Modbus\_модулей вводу\_вивода в конструктиві WAGO\_I/O\_SYSTEM. Для програмування користувачам надається адаптована середовище розробки програм на мовах стандарту IEC 61131\_3 CoDeSys (версія 2.3.6.1) фірми 3S\_Smart Software Solutions. Загалом, з точки зору конструкції і загальних принципів застосування, монтажу та програмування серія Fastwel I/O досить схожа на виробу 750\_й серії WAGO\_I/O\_SYSTEM. Перше питання, яке може виникнути після прочитання наведеної інформації і побіжного погляду на фотографії: а навіщо, власне, було витратити час, сили і чималі кошти на розробку сімейства продукції, зовні майже як дві краплі води схожу на виробу фірм WAGO і Beckhoff?

В 2003 року фірма Fastwel отримала технічне завдання на розробку комплексу апаратно-програмних засобів для застосування в складі комплексів автоматизованого управління, безпеки руху і діагностування тягового рухомого складу (КАУД) двох типів електровозів. Зокрема, серед вимог до контролерів звучали такі слова, як модульність, уніфікація, розширений діапазон робочих температур, можливість розробки і вбудовування прикладних алгоритмів користувача мовою загального застосування, можливість розширення номенклатури модулів введення-виведення без істотних тимчасових витрат у міру розвитку функціональних можливостей КАУД і т.п. У той же самий час компанія Fastwel вже кілька років випускала продукцію у форматі MicroPC, більшою мірою орієнтована на OEM виробників, і мала власне виробництво.

При цьому у неї не було спеціалізованого для рішення задач АСУ ТП, особливістю якого є важкі умови експлуатації при знижених і підвищених температурах. Слід зазначити, що застосування плат у форматі MicroPC в системах промислової автоматизації передбачає певні інженерні зусилля користувача по створенню функціонально і конструктивно закінченого рішення, що не завжди зручно. Одним словом, було прагнення стати ближче до ринку АСУ ТП, зберігши при цьому свою марку "-40...+85°C. У зв'язку з цим було укладено угоду з фірмою WAGO на розробку сімейства продукції, по функціональним можливостям і конструкції схожого з WAGO\_I/O\_SYSTEM, але орієнтованого на застосування в широкому діапазоні робочих температур і не сумісного з внутрішньої міжмодульної шини з модулями WAGO\_I/O\_SYSTEM.

Перераховані причини вимагали прийняття непростого управлінського рішення - або зібрати дві команди, націлені на вирішення двох озвучених завдань, або спробувати

реалізувати обидва проекту в рамках єдиної концепції силами однієї команди. Враховуючи той факт, що у фахівців компанії не було досвіду створення апаратно-програмних комплексів такого класу, можна припустити, що ризики, пов'язані з вибором будь-якого варіанту, були приблизно однакові.

Так чи інакше, керівництво компанії вибрав другий варіант: розробникам було поставлено завдання в рамках робіт над проектом КАУД розробити і реалізувати єдину концепцію апаратно-програмного комплексу, який зараз носить назву Fastwel I/O. При цьому до розробляється концепції були пред'явлені наступні загальні вимоги:

- забезпечити можливість застосування в користувальницьких проектах, де період виконання прикладної програми вимірюється одиницями мілісекунд, при наявності декількох сотень каналів дискретного введення-виведення і десятків каналів аналогового введення-виведення;

- досягти кращої пропускну здібності, передбачуваності та універсальності міжмодульної внутрішньої шини в порівнянні з існуючими аналогами;
- досягти найкращої для виробів даного класу точності вимірювання аналогових сигналів;максимально уніфікувати основні вузли контролерів і модулів введення-виведення, забезпечивши тим самим можливість у короткі терміни розширювати номенклатуру модулів введення-виведення;

- створити єдиний каркас системного програмного забезпечення контролерів, переносимо на різні операційні системи, що дозволяє розробникам нарощувати набір функцій, додаючи нові підсистеми в міру необхідності, а користувачам - розробляти прикладне програмне забезпечення як на промислових мовах стандарту IEC 61131\_3, так і на мові загального застосування Сі.

### **3.5 Структура і функції контролерів Fastwel**

Fastwel I/O є апаратно-програмним комплексом, призначеним для створення автоматизованих систем збору даних і управління. Він може використовуватися для побудови як автономних програмованих контролерів, так і розподілених систем збору даних і управління. Фраза з приводу розподілених систем насамперед відноситься до контролерів CPM701 з мережевим інтерфейсом CAN і протокол прикладного рівня CANopen. Контролери CPM702 і CPM703, є підпорядкованими вузлами мережі Modbus RTU/ASCII і Modbus/TCP відповідно, також можуть використовуватися для реалізації розподілених систем управління, роль координатора в яких грає майстер мережі Modbus.

### 3.5.1 Структура апаратних засобів

В комплекс Fastwel I/O входять наступні апаратні засоби:

- контролери вузла мережі;
- модулі введення-виведення;
- допоміжні модулі (модулі живлення, модулі розмноження потенціалу, модулі розширення внутрішньої шини і т.п.).

Контролер вузла мережі є обчислювальним пристроєм на базі мікропроцесора R1610C фірми RDC, сумісного з 80186 і має тактову частоту 100 МГц. Контролер має інтерфейс з модулями введення-виведення, званий внутрішній шиною, і інтерфейс зовнішньої мережі. Інтерфейс зовнішньої мережі призначений для обміну даними між контролером і робочими станціями, автоматизованими робочими місцями верхнього рівня автоматизованих систем збору даних і управління, а також при використанні CANopen з іншими контролерами. Модулі введення-виведення, що підключаються до внутрішньої шини контролера, призначені для прийому інформації від датчиків і формування керуючих впливів на виконавчі пристрої та механізми.

### 3.5.2 Структура програмного забезпечення контролерів Fastwel

В комплекс Fastwel I/O входить наступне системне і інструментальне програмне забезпечення:

- пакет адаптації середовища розробки прикладних програм на мовах стандарту IEC 61131\_3 CoDeSys (далі - пакет адаптації CoDeSys);

- адаптована система виконання прикладних програм, що розробляються в середовищі CoDeSys (далі - середовище виконання CoDeSys), що поставляється в кожному контролері вузла мережі;

- OPC\_сервер для мереж CAN і Modbus.

Пакет адаптації CoDeSys включає в себе:

- інтегроване середовище розробки (IDE CoDeSys версії 2.3.6.1 фірми 3S\_Smart Software Solutions);

- файли опису платформи Fastwel I/O, інтегровані з IDE CoDeSys і дозволяють генерувати виконуваний код прикладних програм для контролерів Fastwel I/O засобами IDE CoDeSys;

- файли опису конфігурації модулів введення-виведення, інтегровані з IDE CoDeSys і дозволяють генерувати налаштування інформацію для контролерів засобами IDE CoDeSys;

- драйвери комунікаційного сервера CoDeSys Gateway Server, інтегровані з CoDeSys Gateway Server і дозволяють виконувати завантаження прикладних програм в контролер, віддалену налагодження і моніторинг змінних із середовища розробки.

Слід зазначити, що користувачеві для отримання можливості роботи з Fastwel I/O достатньо встановити пакет адаптації. Якщо на інструментальній машині відсутній або є більш стара, ніж 2.3.6.1, версія IDE CoDeSys, в процесі інсталяції буде запропоновано встановити 2.3.6.1. Якщо на інструментальній машині встановлена версія IDE CoDeSys 2.3.6.2 або 2.3.6.3, то, на жаль, доведеться спочатку її видалити. Про причини буде розказано трохи пізніше при описі сервісу виконання прикладних програм Fastwel I/O, в якому для виконання програм користувача використовується система виконання CoDeSys для процесорів 80186.

Для того, щоб контролер Fastwel I/O включити в роботу, необхідно:

- підключити до нього модулі введення-виведення і джерело живлення з вихідним напругою від 10 до 30 В постійного струму;

- в середовищі розробки CoDeSys створити проект для цільової платформи Fastwel I/O System;

- у секції конфігурації контролера PLC Configuration середовища розробки CoDeSys вибрати тип використовуваного контролера, додати у конфігурацію описання модулів введення-виведення, які підключені до контролера, і встановити необхідні значення параметрів для контролера і модулів;

- якщо контролер буде підключений до мережі (CAN, Modbus RTU/ASCII або Modbus/TCP), додати в конфігурацію контролера опис комунікаційних об'єктів зовнішньої мережі і налаштувати їх параметри;

- у редакторі програм CoDeSys розробити програму для контролера, яка робить те корисне, заради чого купувалися контролер і модулі введення-виведення. Наприклад, якщо потрібно тільки управляти каналами модулів введення-виведення по мережі, до якої підключено контролер, програмі досить передавати дані між мережею та модулями введення-виведення;

- підключити комп'ютер, на якому розроблений проект для контролера, до мережі, до якої підключено контролер, або скористатися що кабелем для встановлення зв'язку між інструментальним комп'ютером і контролером через послідовні порти;

– скомпілювати проект і завантажити його в контролер (не забувши попередньо включити блок живлення контролера!), скориставшись відповідною сервісом середовища розробки CoDeSys.

Докладна інформація про те, як виконувати перераховані дії, наведено у керівництві програміста для кожного контролера. Про те, як розробляти програми в середовищі CoDeSys, розказано в документації на CoDeSys, що входить в інсталяційний комплект адаптації CoDeSys.

### 3.5.3 Структура контролера Fastwel

Структурна схема контролера Fastwel I/O наведена на рисунку 3.14.

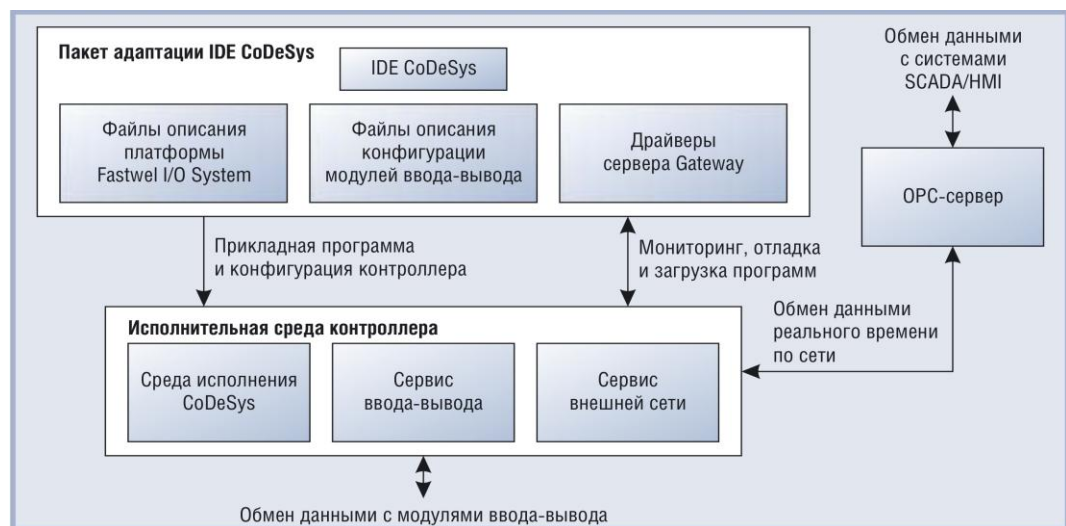


Рисунок 3.14 – Структурна схема контролера Fastwel I/O

При включенні живлення контролера першим справою відбувається завантаження операційної системи Fastwel DOS, а отже, користувач має справу з ПЛК на базі IBM PC сумісного обчислювального пристрою.

Історично компанія Fastwel виробляла тільки IBM PC сумісні обчислювачі, а значить, у нас там напрацювання як в частині схемотехнічних рішень, так і в області системного програмного забезпечення. Перехід на іншу платформу був би пов'язаний із значними вкладеннями і тимчасовими витратами на освоєння нової платформи фахівцями або зажадав би залучення до роботи великої кількості нових фахівців; Як зазначено раніше, в якості одного з основних вимог висувалася можливість розробки прикладних програм на мовах загального застосування типу Сі. У зв'язку з цим ми

подумали, що в силу набагато більшою поширеності IBM PC сумісних комп'ютерів серед наших потенційних користувачів є дуже багато розробників на мовах програмування загального застосування, які володіють популярними засобів розробки для персональних комп'ютерів. В якості компілятора випростовується компілятор GCC для вбудованих 32-розрядних процесорів.

Багатьом користувачам ПЛК, які розробляють програми на проблемно-орієнтованих мовами IEC 61131\_3, за великим рахунком несуттєво який процесор і операційна система встановлені в їх ПЛК. В той же час комплект адаптації пакету CoDeSys для процесорів, сумісних з 80186 володіє помірною вартістю ліцензії середовища виконання та встановлюється в один обчислювальний пристрій.

Пакет CoDeSys містить повний набір інструментальних засобів і бібліотек IBM PC сумісних обчислювачів, включаючи комплект адаптації BIOS, операційну систему Fastwel DOS, MS Visual C++, мультизадачне ядро CMX\_RTX, стек CMX\_TCP/IP.

Процесор R1610C найбільш продуктивне та інтегроване рішенням за рахунок таких чинників:

- при тактовій частоті 100 МГц процесор має систему команд 80186, причому кожна команда виконується за меншу кількість тактів, ніж у найближчих аналогів Intel і AMD;
- на кристалі є кеш пам'ять інструкцій і даних по 8 кбайт на кожен блок;
- наявність інтерфейсу з синхронною динамічною пам'яттю;
- наявність двох вбудованих адаптерів мережі Ethernet.

Враховуючи досить помірний струм споживання і привабливу ціну за один такий кристал, R1610C є ідеальним для вирішення поставленої задачі.

Решта елементів структури обчислювального ядра досить традиційні для IBM PC сумісних мікрокомп'ютерів, за винятком блоку приймача/передавача міжмодульної внутрішньої шини, реалізованого на базі програмованої логічної інтегральної схеми Atmel, частина якої також використовується для виконання різних функцій системної логіки.

Особливості побудови двоканального блоку розглядаються далі. В результаті отримане універсальне обчислювальне ядро,

### **3.5.4 Структура модуля вводу-виводу**

Застосування мікроконтролера в кожному модулі було обумовлено наступними факторами:



1. Згідно з вимогами до модулів введення-виведення, кількість вхідних каналів у одного модуля досягало 16, а вихідних – до 24, причому мова йшла не тільки про дискретних каналах, значення яких укладаються в один СТА 1/2007 біт. Наприклад, в одному спеціалізованому модуль дискретного управління в даний час є 16 фізичних дискретних входів; 8 каналів вимірювання струму навантаження, що протікає по кожному вихідного ключа підвищеної потужності; 8 каналів, що представляють реальний стан кожного з 8 вихідних ключів; 8 каналів дискретного виводу для управління вихідними ключами канал; керування реле підключення навантажень до виходів і кілька допоміжних каналів. Зрозуміло, модулі з такою кількістю каналів мають відмінну від WAGO конструкцію, оскільки у WAGO тоді було не більше 8 контактів на модуль, і дуже малі габарити для розсіювання досить пристойних потужностей вихідних каналів модулів дискретного управління.

2. Високоточне вимірювання аналогових сигналів вимагає застосування відповідних аналого-цифрових перетворювачів, управління та обмін даними з якими зазвичай виконуються МК послідовного каналу типу SPI. Такий варіант підключення АЦП дозволяє реалізувати досить економічне рішення по гальванічної розв'язки каналів введення-виведення від міжмодульної шини, до якої підключається модуль.

3. При виробництві модулів аналогового введення-виведення з високими показниками точності потрібно проводити спеціальні процедури калібрування, по закінченні яких калібровані коефіцієнти повинні зберігатися в енергонезалежній пам'яті.

4. Для реалізації функція обміну по мережі необхідна розробка модулів послідовних інтерфейсів RS-232C та RS-485.

Сучасні контролери на базі стандартних процесорів для керування технологічними процесами (ТП), в тому числі і в системах екологічного моніторингу, містять в собі тільки два послідовних порти. В таких системах часто виникають задачі підключення газоаналізаторів та інших приладів з інтерфейсом RS-232/RS-422/RS-485 до центрального процесора, де такої кількості портів недостатньо (рис. 3.15).

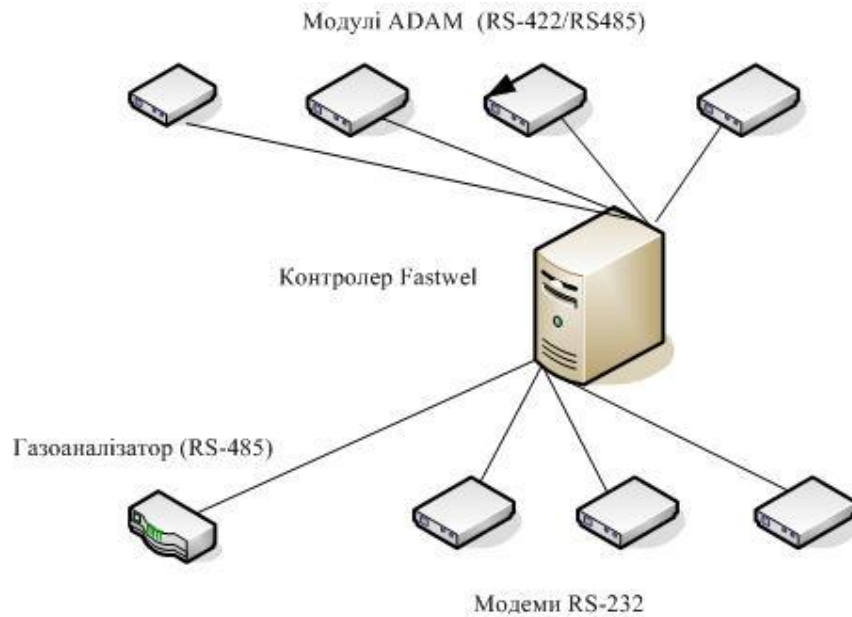


Рисунок 3.15 – Застосування інтерфейсу RS-485 в контролерах Fastwell

Лідерами в області багатоканальних блоків для застосування в персональних комп'ютерах (ПК) є фірми Cyclades, Моха, Digi. Серед характеристик впливають на вибір таких блоків, що пропонуються сьогодні виробниками, можна виділити такі, як кількість каналів, що підключаються – 4, 8, 16, тип системної шини, що використовується – ISA, PCI, швидкість роботи по порту, об'єм буфера FIFO (16, 64 або 128 байт).

Якщо ж мова йде про програмно-технічні комплекси (ПТК) або контролери для керування ТП, то тут різноманітність інтерфейсів більша. В цьому випадку виникає необхідність в розробленні блоку, відповідно до інтерфейсу ПТК або контролеру.

Результати проведених досліджень використання багатоканальних блоків вводу виводу для застосування в системах керування ТП опублікована в [1,2].

На даний час кількість портів в одному корпусі комунікаційних мікросхем (UART) фірми Texas Instruments збільшилась до 4-х, а ємність буфера FIFO збільшилась до 64 байт, з'явилися нові можливості щодо використання програмованих логічних інтегральних схем (PLD – Program Logic Devices) фірми Atmel, що дало можливість застосувати їх для модернізації багатоканальних блоків вводу-виводу для прийому інформації від об'єкта контролю і передачі її на верхній рівень по виділених лініях зв'язку або лініям, що комутуються.

### 3.6 Розроблення двоканального блоку вводу виводу

Наявність сучасної елементної бази таких відомих світових лідерів як Texas Instruments, Maxim, Atmel, Standard Microsystems дозволила виконати розроблення та впровадження у виробництво модернізованих блоків з інтерфейсами RS-232/RS-422/RS-485.

Рішенням даної проблеми є використання багатоканальних блоків вводу-виводу в основі яких лежить застосування комунікаційних мікросхем TL16C754C фірми Texas Instruments.

Розроблений блок вводу-виводу для застосування в контролерах Fastwel з інтерфейсом MicroPC дозволяє підключити до 8 каналів прийому/передачі даних по інтерфейсу RS-232/RS-422/RS-485.

Структурно 2-канальний блок складається з інтерфейсної, комунікаційної та вихідної частини.

На рис. 3.16 наведено фрагмент інтерфейсної частини 2-канального блоку.

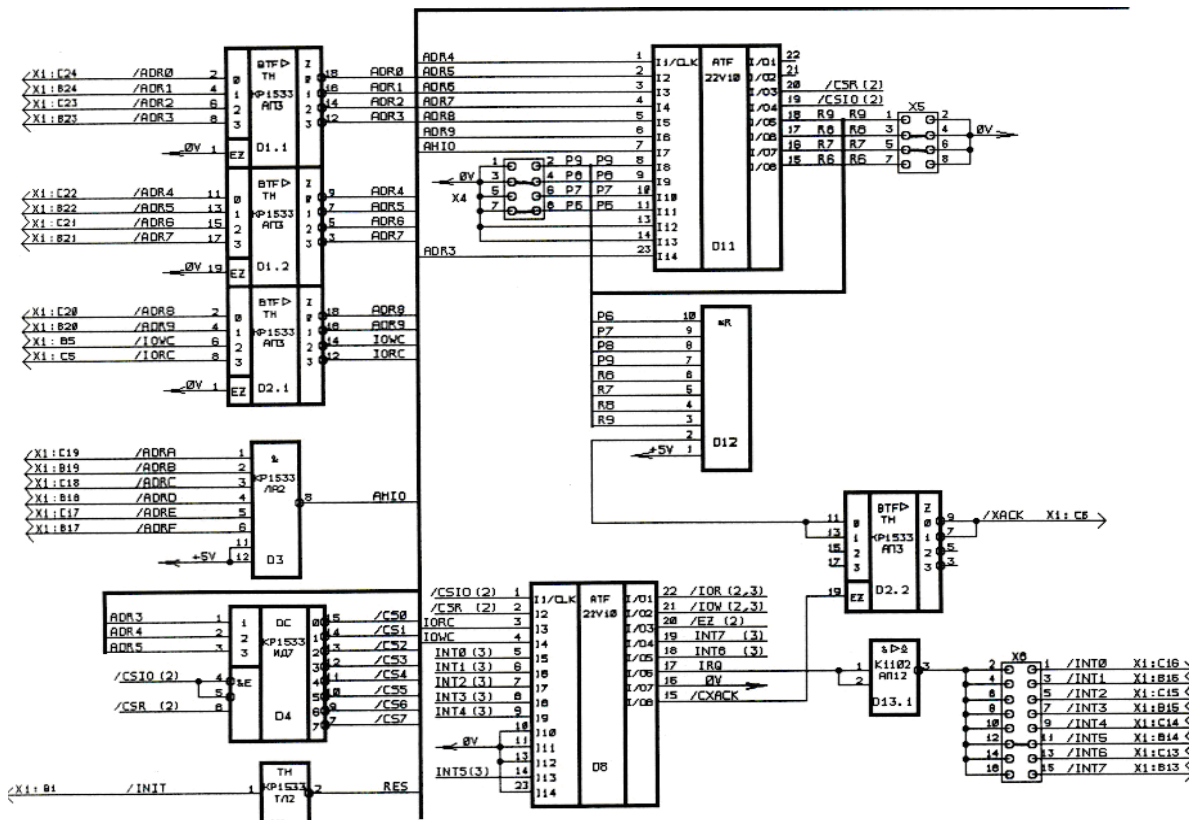


Рисунок 3.16 – Фрагмент інтерфейсної частини 8-канального блоку вводу-виводу

У блоці вводу-виводу реалізовані дві найбільш поширені архітектури асинхронних блоків – ARNET та DigiBoard PC/8 [23]. Звернення до блоку зі сторони центрального процесора проводиться командами вводу-виводу. Обмін інформацією з блоком проводиться байтами. Базова адреса порту вводу-виводу обирається за допомогою перемичок. При програмуванні UART програмуються 8 доступних регістрів в кожному з каналів мікросхеми. Програмування полягає у встановленні необхідних параметрів регістрів, швидкості передачі каналу, розміру буфера FIFO, рівня пріоритету переривання і т. д.

Основні особливості інтерфейсу контролерів Fastwel – всі діючі сигнали на інтерфейсі (адреса, дані, команди, переривання і т.д.) видаються і приймаються низьким рівнем напруги – логічним "0". Сигнал підтвердження /XACK видається приймачем у разі порівняння адреси порту вводу-виводу і звернення командою до даного блоку. У разі відсутності на інтерфейсі приймача сигналу через 10 мкс операція завершується зняттям команди і переходом до виконання наступної команди. Таким чином, вирішується проблема "зависання" команди.

Останні досягнення в області виробництва мікросхем дозволили застосувати в інтерфейсній частині мікросхеми PLD ATF22V10B фірми Atmel, за допомогою яких реалізовані такі вузли блоку, як дешифратор адреси базового порту вводу-виводу (рис. 3.17), регістр переривань, схема керування роботою блоку та логіка переривань (рис. 3.18).

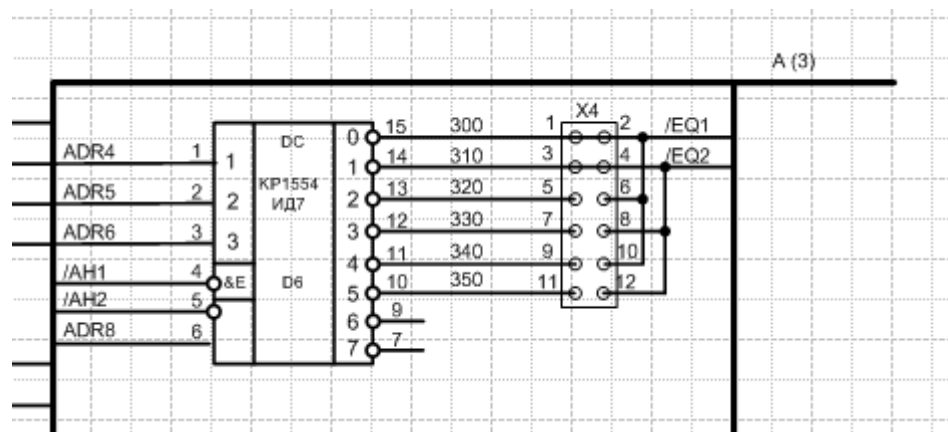


Рисунок 3.17 – Дешифратор адреси базового порту

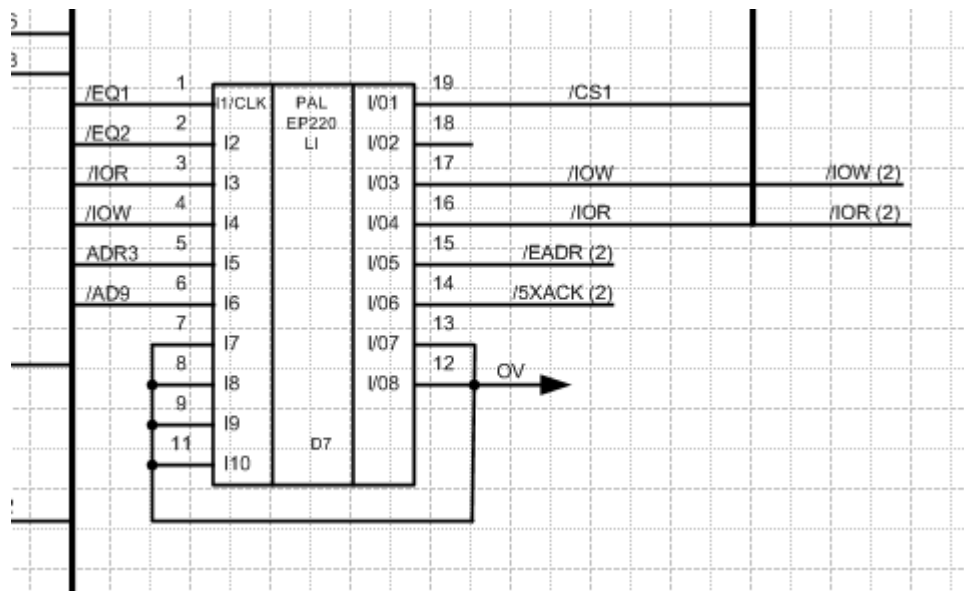


Рисунок 3.18 – Використання PLD в якості схеми керування

При складанні рівнянь для PLD розробнику не потрібно наводити рівень вхідного сигналу до необхідного значенням в рівнянні – логічний "0" або "1". Достатньо в самому рівнянні вказати необхідний рівень для вироблення необхідного значення. Одна змінна рівняння може містити до 7 значень по 7 вхідних змінних. Якщо такої кількості недостатньо, сигнал з вихідного контакту PLD знову надходить в матрицю і служить загальною змінною для наступного рівняння. При такому підході нарощуються можливості при складанні складних рівнянь, що містять більше 7 значень у рівнянні.

PLD значно скорочують час при проектуванні блоків, спрощують розведення друкованої плати, що є безумовними перевагами. Такий сучасний підхід застосовується при проектуванні блоків і для інших інтерфейсів.

Програмування PLD полягає у складанні рівнянь, моделюванні (якщо необхідно), отриманні файлу програмування (в даному випадку для мікросхеми ATF22V10B). Програмування рівнянь здійснюється в середовищі системи автоматизації проектування (САПР) PLDShell Plus фірми Intel відповідно до вимог мови асемблера PLDasm [24].

Мовою PLDasm логічні схеми подаються у вигляді стандартних ASCII-файлів. У цих файлах містяться лише коди ASCII. Будь-який файл PLDasm повинен мати секцію оголошення (Declaration section) і, принаймні, одну з таких секцій: секцію рівнянь (Equation), автомата (State Machine) або таблиці істинності (Truth Table), причому останні дві можуть зустрічатися неодноразово. Крім того, у файлі PLDasm може бути присутнім секція моделювання. САПР PLDShell Plus, володіє всіма функціями, необхідними для розробки, тестування і налаштування логічних схем.

"Занурення" рівнянь в PLD може здійснювати, наприклад, за допомогою програми FlexPro і програматора.

Серед недоліків пакету PLDShell слід відзначити відсутність режиму графічного програмування логічної схеми з заздалегідь створені компонент, що сильно погіршує дружелюбність інтерфейсу користувача на етапі розробки і налаштування PLD. Даний САПР надає можливість перегляду результатів роботи запрограмованої схеми у вигляді часових діаграм або таблиці істинності. Для роботи з PLD фірми Atmel можна використовувати і більш потужний інструмент САПР такий як MAX + PLUS фірми Altera.

Для складання рівнянь може бути використаний будь-який текстовий редактор. Текстового файлу присвоюється розширення \*.pds, який служить вихідним об'єктом для роботи в PLDShell або MAX + PLUS. При моделюванні рівнянь можна отримати файл часової діаграми роботи – \*.hst і, як кінцевий результат, файл запису – \*.jed.

Типовий процес розробки схем на PLD включає наступні етапи.

1. Формується вихідний файл опису, що містить булеві рівнянь, таблиць істинності, синтаксис опису автоматів, а також синтаксис функціонального моделювання.

2. Файл оброблюється логічним компілятором, в результаті чого формується файл опису схеми у форматі JEDEC. Компілятор визначає біти в цьому файлі, які встановлюють або розривають з'єднання в логічному масиві і задають програмовані функції виходів. В процесі обробки може виконуватися моделювання.

3. Файл формату JEDEC використовується для програмування PLD цільового застосування.

Процес редагування, компіляції, моделювання, перегляду повторюється до тих пір, поки не буде досягнута мета проектування. Цикл розробки завершується програмуванням PLD.

Нижче наведений приклад створення файлу \*.pds використання PLD в якості схеми керування (див. рис. 2.5), що відповідає вимогам пакету PLDShell.

; Секція оголошення

TITLE ATF22V10B ; Визначення мікросхеми ATF22V10B фірми Atmel

PATTERN BVV ; Блок БВВ

REVISION VER.1

AUTHOR Cygonok

OPTION

TURBO ON ; Режим TURBO включений

SECURITY OFF ; Режим секретності виключений  
 CHIP MVV AT22V10B

; Мікросхема D7

; Секція оголошення вхідних контактів

Pin 1 CSIO ; Сигнал порівняння адреси порту  
 Pin 2 CSR ; Сигнал порівняння регістру переривань  
 Pin 3 IORC ; Команда читання з інтерфейсу  
 Pin 4 IOWC ; Команда запису з інтерфейсу  
 Pin 5 INT0 ; Сигнали переривань від комунікаційних каналів  
 Pin 6 INT1 ; комунікаційних каналів мікросхеми TL16C554FN  
 Pin 7 INT2 ;  
 Pin 8 INT3 ;  
 Pin 9 INT4 ;  
 Pin 11 INT5 ;  
 Pin 14 INT6 ;  
 Pin 15 INT7 ;

; Секція оголошення вихідних контактів

Pin 12 NC ; Нема з'єднання  
 Pin 13 IRQ ; Сигнал переривання до центрального процесора  
 Pin 16 EZ ; Дозвіл на читання регістра переривань  
 Pin 17 IOW ; Сигнал запису  
 Pin 18 IOR ; Сигнал читання  
 Pin 19 CXACK ; Сигнал для запуску підтвердження звернення до блоку

; Секція рівнянь

EQUATIONS

$IRQ = INT0 + INT1 + INT2 + INT3 + INT4 + INT5 + INT6 + INT7$

$IOW = / (/CSIO \cdot IOW)$

$EZ = / (/CSR \cdot IORC)$

$$\text{IOR} = / ((/ \text{CSIO} + / \text{CSR}) \cdot \text{IORC})$$

$$\text{CXACK} = / ((/ \text{CSIO} + / \text{CSR}) \cdot \text{IORC} + / \text{CSIO} \cdot \text{IOWC})$$

Знак ”/” перед найменуванням сигналу означає, що сигнал входить у рівняння низьким рівнем.

Застосовувати PLD доцільно при заміні звичайних інтегральних схем малої і середньої ступенів інтеграції. При цьому значно зменшуються розміри пристрою, знижується споживана потужність і підвищується надійність.

PLD навіть середньої ступені інтеграції, як, наприклад, у даному випадку AT22V10B (24 контакти), замінює, як правило, до 10-15 звичайних інтегральних мікросхем.

Слід зазначити, що розроблений блок є комбінованим пристроєм, тобто «на борту» блоку у вихідній частині присутні мікросхеми, що відповідають за передачу по інтерфейсах RS-232, RS-422 та RS-485. Замовник перемичками обирає необхідний йому інтерфейс.

В ході виконання поставленої задачі проведено розроблення 2-канального блоку з інтерфейсом RS-485 з застосування сучасної елементної бази та новітніх технологій розроблення блоків для застосування в системах керування ТП та екологічного моніторингу. Застосування в інтерфейсній частині PLD дозволило скоротити кількість мікросхем логіки, зменшити затримки розповсюдження сигналів, довжину провідників та спростити подальше конструювання друкованої плати. Завдяки повній апаратній сумісності блок програмно підтримується всіма поширеними операційними системами (Windows, QNX, Linux).

### 3.7 Методи і способи захисту від перешкод і збоїв

При великих відстанях між пристроями, зв'язаними по кручений парі й високих швидкостях передачі починають проявлятися так звані ефекти довгих ліній. Причина цьому – кінцівку швидкості розповсюдження електромагнітних хвиль у провідниках. Швидкість ця істотно менше швидкості світла у вакуумі і становить трохи більше 200 мм / нс. Електричний сигнал має також властивість відбиватися від відкритих кінців лінії передачі і її відгалужень. Груба аналогія - жолоб, наповнений водою. Хвиля, створена в одному кінці, йде по жолобу і, відбившись від стінки в кінці, йде назад, відбивається знову і так далі, поки не загасне. Для коротких ліній і малих швидкостей передачі цей процес відбувається так швидко, що залишається непоміченим. Однак, час реакції приймачів - десятки / сотні нс. В такому масштабі часу кілька десятків метрів електричний



сигнал проходить аж ніяк не миттєво. І якщо відстань досить велика, фронт сигналу, що відбився наприкінці лінії й повернувся назад, може спотворити поточний або наступний сигнал. У таких випадках потрібно якимось чином пригнічувати ефект відображення.

Наука електротехніка пропонує вирішення цієї проблеми. У будь-якої лінії зв'язку є такий параметр, як хвильовий опір  $Z_w$ . Воно залежить від характеристик використовуваного кабелю, але не від довжини. Для зазвичай застосовуються у лініях зв'язку кручених пар  $Z_w = 120$  Ом. Виявляється, що якщо на віддаленому кінці лінії, між провідниками крученої пари включити резистор з номіналом рівним хвильовому опору лінії, то електромагнітна хвиля дійшла до "глухого кута" поглинається на такому резисторі. Звідси його назви - узгоджувальний резистор або "термінатор".

Великий мінус узгодження на резисторах - підвищене споживання струму від передавача, адже в лінію включається мале навантаження. Тому рекомендується включати передавач тільки на час відправки посилки. Є способи зменшити споживання струму, включаючи послідовно з резисторами узгодження конденсатор для розв'язки по постійному струму. Проте, такий спосіб має свої недоліки. Для коротких ліній (кілька десятків метрів) і низьких швидкостей (менше 38400 бод) погодження можна взагалі не робити.

Ефект віддзеркалення і необхідність правильного узгодження накладають обмеження на конфігурацію лінії зв'язку.

Лінія зв'язку повинна являти собою один кабель витой пари. До цього кабелю приєднуються все приймачі та передавачі. Відстань від лінії до мікросхем інтерфейсу RS-485 має бути як можна коротше, так як довгі відгалуження вносять неузгодженість і викликають відображення.

В обидва найбільш віддалених кінця кабелю ( $Z_w = 120$  Ом) включають резистори узгодження  $R_t$  по 120 Ом (0.25 Вт). Якщо в системі тільки один передавач і він знаходиться в кінці лінії, то достатньо одного резистора узгодження на протилежному кінці лінії (рис. 3.19).

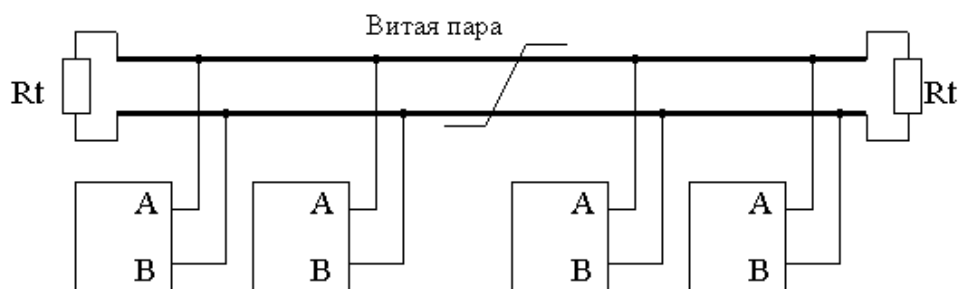


Рисунок 3.19 – Структура мережі інтерфейсу RS-485

### 3.8 Захист від перешкод з використанням захисного зсуву

Як уже згадувалося, приймачі більшості мікросхем RS-485 мають пороговий діапазон розпізнавання сигналу на входах АВ -  $\pm 200\text{мВ}$ . Якщо  $|U_{ab}|$  менше порогового (близько 0), то на виході приймача RO можуть бути довільні логічні рівні через не синфазну перешкоду. Таке може трапитися або при від'єднанні приймача від лінії, або при відсутності в лінії активних передавачів, коли ніхто не задає рівень. Щоб у цих ситуаціях уникнути видачі помилкових сигналів на приймач UART, необхідно на входах АВ гарантувати різниця потенціалів  $U_{ab} > +200\text{ мВ}$ . Цей зсув при відсутності вхідних сигналів забезпечує на виході приймача логічну "1", підтримуючи, таким чином, рівень стопового бита.

Домогтися цього просто – прямий вхід (А) слід підтягнути до живлення, а інверсний (В) – до "землі". В результаті отримуємо дільник (рис. 3.20).

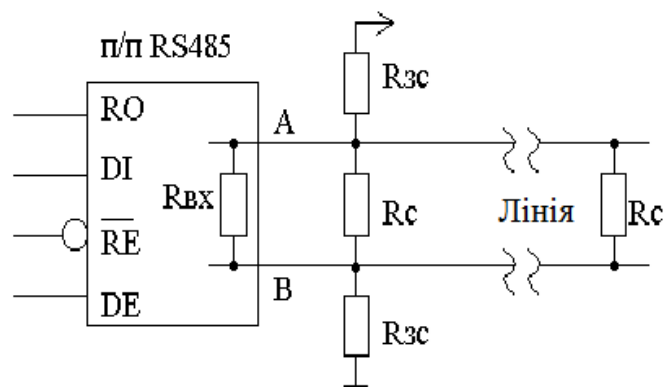


Рисунок 3.20 – Дільник на виході приймача/передавача інтерфейсу RS-485

На рисунку 3.20 –  $R_{вх}$  – вхідний опір приймача (зазвичай 12 кОм),  $R_c$  – резистори узгодження (120 Ом),  $R_{зс}$  – резистори захисного зсуву.

Величини опорів для резисторів захисного зміщення ( $R_{зс}$ ) неважко розрахувати по дільнику. Необхідно забезпечити  $U_{ab} > 200\text{мВ}$ . Напряга живлення – 5В. Опір середнього плеча – 120 Ом / 120 Ом / 12 КОм на кожен приймач – приблизно 57 Ом (для 10 приймачів). Таким чином, виходить приблизно по 650 Ом на кожен з двох  $R_{зс}$ . Для усунення з запасом – опір  $R_{зс}$  повинно бути менше 650 Ом. Традиційно ставлять 560 Ом.

У розрахунку номіналу  $R_{зс}$  враховується навантаження. Якщо на лінії висить багато приймачів, то номінал  $R_{зс}$  повинен бути менше. У довгих лініях передачі необхідно також враховувати опір крученої пари, який може "з'їдати" частину зміщує різниці потенціалів

для віддалених від місця підтяжки пристроїв. Для довгої лінії краще ставити два комплекти резисторів в обидва віддалених кінця поруч з термінаторами.

Багато виробників приймачів/передавачів заявляють про функції безвідмовності (failsafe) своїх виробів, що полягає у вбудованому зміщенні. Слід розрізняти два види такого захисту:

1. Безвідмовність у відкритих ланцюгах (Open circuit failsafe). В таких приймачах/передавачах застосовуються вбудовані «підтягуючі» резистори. Ці резистори, як правило, високоомні, щоб зменшити споживання струму. Через це необхідне зміщення забезпечується тільки для відкритих (ненавантажених) диференціальних входів. У самому справі, якщо приймач відключений від лінії або вона не навантажена, тоді в середньому плечі дільника залишається тільки великий вхідний опір, на якому і падає необхідна різниця потенціалів.

Однак, якщо приймач навантажити на лінію з двома резисторами узгодження по 120 Ом, то в середньому плечі дільника виявляється менше 60 Ом, на яких, порівняно з високоомними підтяжками, нічого суттєвого не падає. Тому, якщо в навантаженої лінії немає активних передавачів, то вбудовані резистори не забезпечують достатню зсув. В цьому випадку, залишається необхідність встановлювати зовнішні резистори захисного зміщення, як це було описано вище.

2. Справжня безвідмовність. (True failsafe.) У цих пристроях зміщені самі пороги розпізнавання сигналу. Наприклад: -50/-200 мВ замість стандартних порогів  $\pm 200$  мВ. Тобто при  $U_{ab} > -50$  мВ на виході приймача RO буде логічна "1", а при  $U_{ab} < -200$  – на RO буде "0". Таким чином, і в розімкнутій і в пасивній лінії при різниці потенціалів  $U_{ab}$  близькою до нуля, приймач видасть "1". Для таких приймачів зовнішнє захисне зсув не потрібно. Тим не менш, для кращої перешкодозахищеності таки варто додатково трохи підтягувати лінію.

Відразу помітно недолік зовнішнього захисного зміщення - через дільник постійно буде протікати струм, що може бути неприпустимо в системах малого споживання. В такому разі рекомендується зробити наступне:

1. Зменшити споживання струму, збільшивши опору  $R_{зс}$ . Хоча виробники приймачів/передавачів і пишуть про поріг розпізнавання в 200 мВ, на практиці цілком вистачає 100 мВ і навіть менше. Таким чином, можна відразу збільшити опору  $R_{зс}$  рази в два-три. Перешкодозахищеність при цьому дещо знижується, але в багатьох випадках це не критично.

2. Використовувати true failsafe прийомопередавачі зі зміщеними порогамі розпізнавання. Наприклад, у мікросхем MAX3080 і MAX3471 пороги: -50 мВ / -200 мВ, що

гарантує одиничний рівень на виході приймача при відсутності зміщення ( $U_{ab} = 0$ ). Тоді зовнішні резистори захисного зміщення можна прибрати або значно збільшити їх опір.

3. Не застосовувати без необхідності узгодження на резисторах. Якщо лінія не буде навантажена на 2 опори по 120 Ом, то для забезпечення захисного зміщення вистачить підтяжок в 1...5 кОм в залежності від числа приймачів на лінії.

Для оптронної розв'язаної лінії слід підтягувати до живлення і "землі" ізолюваної лінії. Якщо не застосовується оптронна розв'язка, підтягувати можна до будь-якого живлення, так як дільник створить лише невелику різницю потенціалів між лініями А і В. Потрібно тільки пам'ятати про можливу різницю потенціалів між "землями" пристроїв, розташованих далеко один від одного.

### 3.9 Виключення прийому при передачі в напівдуплексному режимі

При роботі з напівдуплексним інтерфейсом RS-485 (прийом і передача по одній парі проводів з поділом за часом) можна забути, що UART контролера – повнодуплексний, тобто приймає і передає дані незалежно і одночасно (рис. 3.21).

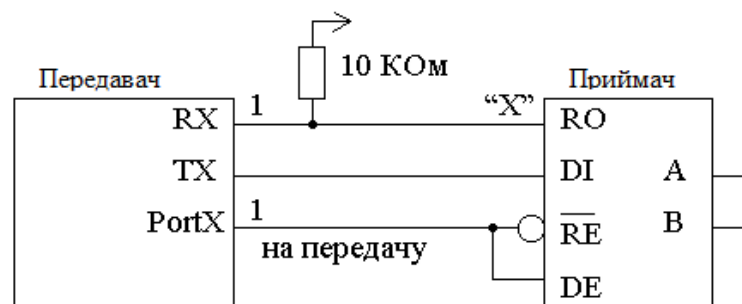


Рисунок 3.21 – Передача в напівдуплексному режимі

Зазвичай під час роботи приймачі/передавачі RS-485 на передачу, вихід приймача RO переводиться в третій стан і ніжка RX контролера (приймач UART) "повисає в повітрі".

У результаті, під час передачі на приймачі UART замість рівня стопового біта ("1") виявиться невідомо що, і будь-яка перешкода буде прийнята за вхідний сигнал. Тому потрібно або на час передачі відключати приймач UART (через керуючий регістр), або підтягувати RX до одиниці. У деяких мікроконтролерів це можна зробити програмно - активувати вбудовані підтяжки портів.

Наприклад, у мікроконтролера AT90S8535 (AVR Atmel) є одна проблема – при відключеному UART він все одно приймає, і після включення на прийом перший прийнятий байт може бути зіпсований. Так що активувати підтяжку RX йому потрібно обов'язково.

### 3.10 Програмні методи боротьби зі збоями

Для підвищення надійності зв'язку обов'язково потрібно передбачити програмні методи боротьби зі збоями. Їх можна умовно розділити на дві групи: захист від розсинхронізації і контроль достовірності.

#### 3.10.1 Захист від розсинхронізації

Незважаючи на захисний зсув, сильна перешкода може пробитися в лінію без активних передавачів і порушити правильну послідовність прийому посилки. Тоді виникає необхідність першої ж нормальної посилкою напоумити приймаючі пристрої і не дати їм прийняти перешкоду за послілку. Робиться це за допомогою синхронізації кадрів (активна пауза) і синхронізації посилки (преамбула).

Захист від розсинхронізації кадрів. Обов'язково треба зауважити, що усі наступні заходи синхронізації посилки мають сенс тільки спільно з цим заходом. Перешкода помилковим старт-бітом може збити правильний прийом кадрів подальшої посилки. Щоб повернутися до вірної послідовності, потрібно зробити паузу між включенням приймачем/передавачем на передачу і посилкою даних.

Весь цей час передавач утримує в лінії високий рівень, через який заваді важко пробитися (активна пауза). Паузи тривалістю в 1 кадр на даній швидкості зв'язку (10-11 біт) буде достатньо для того, щоб будь-який пристрій, яка брав перешкоди прийняв стоп-біт. Тоді наступний кадр буде прийматися з нормального старт-біта (рис. 3.22).

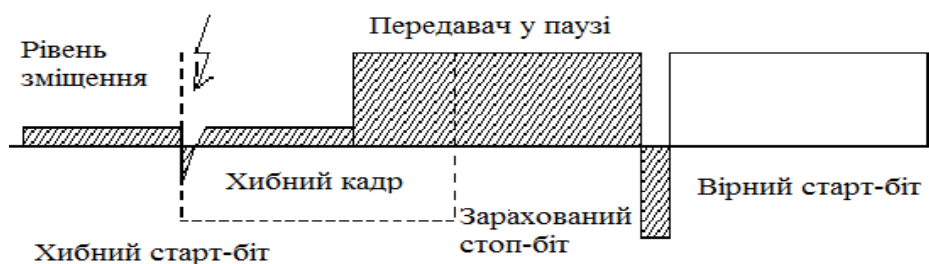


Рисунок 3.22 – Перешкода при передачі кадрів

Того ж ефекту можна добитися передачею символу FFh перед першим байтом послідовності, так як крім старт-біта, всі його біти – "1". (Якщо старт-біт символу FFh потрапить на стоп-біт помилкового кадру, буде просто зрахована помилка кадру).

Захист від розсинхронізації послідовностей. Застосовується спільно з попередньою захистом. Перешкода може замаскуватися під керуючий символ і збити прийняту потім послідовність. Крім того попередня послідовність може бути перервана. Через це вкрай бажано в підпрограмі прийому та збереження даних передбачити заходи з упізнання цього почку прийому та скиданню приймального буфера послідовності (області пам'яті, куди зберігаються прийняті байти). Для цього служить преамбула – попередня ознака початку послідовності.

Стартовий символ. В ASCII протоколі роль преамбули грає спеціальний керуючий символ початку послідовності. По кожному прийому такого символу потрібно скидати буфер: обнуляти число прийнятих байт, переміщати покажчик на початок буфера і т.п. Те ж саме потрібно робити при переповненні буфера. Це дозволить керуючому символу скинути попередню "послідовність", розпочату помилковим символом.

Приклад. Останній керуючий символ ":" скине попередню помилкову послідовність:

\_\_\_\_: ) \_\_\_\_: 1 2 R S 4 серпня 5 / ПС / \_\_\_\_

Стартова пауза. У двійковому протоколі, де не передбачено унікальний керуючий символ, і синхронізація послідовностей йде по заданій паузі між байтами, досить збільшити активну паузу, описану в синхронізації кадрів, до тривалості паузи між байтами, за якою починається прийом нової послідовності. Тобто, між включенням приймача/передавача на передачу і відправку перших байтів послідовності потрібно зробити паузу тривалістю в 1.5 - 3.5 кадру UART. При активному передавачі під час такої преамбули заваді важко буде «прорватися» до приймачів, вони зафіксують потрібну паузу, скинуть буфер послідовності і налаштуються на прийом нової послідовності. Цей метод застосовується, зокрема, для протоколу MODBUS RTU.

Стартова послідовність. Якщо в двійковому протоколі синхронізація здійснюється лише по коректному початку послідовності, то відфільтрувати помилкову послідовність можна тільки за логікою її структури. Преамбула в даному випадку - деяка стартова послідовність символів, яка не може зустрітися в даних послідовності, і яку навряд чи сформує перешкода. Преамбула відсилається перед основною послідовністю. Приймаючий пристрій відстежує в даних, що надходять цю стартову послідовність. Де б вона не відбулася, приймаючий пристрій скидає буфер послідовності і починає приймати нову.

Варіант 1. Здійснення починає заново прийматися після прийому "go!" (Замість символів можуть бути будь-які 8-бітові дані):

\_\_\_\_: - Ь \_\_\_\_ g o! 2 Січень R S 4 5 серпня \_\_\_\_

Варіант 2. Здійснення починає заново прийматися після прийому не менше трьох "E" підряд і стартового байта ":" (замість символів можуть бути будь-які 8-бітові дані):

\_\_\_\_>: - E \_\_\_\_ E E E: 1 2 R S 4 5 серпня \_\_\_\_

Навіть якщо до стартової послідовності було два таких символи поспіль, послідовність почне зберігатися тільки за послідовністю з не менш ніж трьох поспіль (зайві ігноруються) і стартового символу. Якщо замість "E" використовувати байт FFh - можна поєднати синхронізацію кадрів і посилок. Для цього надсилаються чотири FFh, а приймаючий пристрій чекає не менше трьох, з урахуванням того, що перший байт FFh може піти на синхронізацію кадрів.

### 3.10.2 Контроль достовірності

Особливо сильна перешкода може вклинитися в послідовність, спотворити керуючі символи або дані в ній, а то й зовсім знищити її. Крім того, одне з підключених до лінії пристроїв (абонент) може вийти з ладу і перестати відповідати на запити. На випадок такого лиха існують контрольна сума, тайм-аут і квитирование.

Контрольна сума – в загальному випадку 1-2 байта коду, отриманого деяким перетворенням з даних послідовності. Найпростіше - "виключає або" всім байтам даних. Контрольна сума розраховується і включається в послідовність перед відправкою. Приймаючий пристрій виробляє ту ж операцію над прийнятими даними і звіряє розраховану контрольну суму з отриманою. Якщо послідовність була пошкоджена, то, швидше за все, вони не співпадіуть. У разі застосування ASCII протоколу – код контрольної суми також передається ASCII-символами.

Тайм-аут – максимальний час очікування відповіді від запитуваної пристрою. Якщо послідовність була пошкоджена або запитувана пристрій вийшов з ладу, то провідне пристрій не повисне в очікуванні відповіді, а після закінчення певного часу визнає наявність збою. Після чого можна ще пару раз повторити запит і, якщо збій повторюється, перейти на відпрацювання аварійної ситуації. Тайм-аут відлічується з моменту завершення передачі запиту.

Його тривалість повинна з невеликим запасом перевищувати максимальний час відповідної передачі плюс час, необхідний на обробку запиту і формування відповіді. Веденого пристрою теж не завадить відпрацювання тайм-аутів. Особливо в ситуаціях, коли відсутність регулярного поновлення даних або нових команд від ведучого пристрою критично для роботи пристроїв системи. Найпростіша реалізація для веденого - скидання сторожового таймера з прийому послідовності.

Якщо з якоїсь причини дані перестали надходити - пристрій скинеться по переповненню сторожового таймера. Після скидання встановлюється безпечний режим до прийому першої команди.

Квитування – підтвердження доставки (квитанція). Коли важливо, щоб ведений обов'язково отримав дані або команду, виникає необхідність проконтролювати отримання ним посилки. Провідне пристрій, відправивши відомому дані, чекає відповіді з підтвердженням. Ведене пристрій, отримавши дані, у разі їх коректності посилає відповідь, що підтверджує доставку. Якщо після закінчення тайм-ауту провідне пристрій не отримує підтвердження, робиться висновок про збій у зв'язку або в підпорядкованому пристрої. Далі звичайні заходи – повтор посилки. Але тут є нюанс: пошкоджена і не отримана може бути сама квитанція. Провідне пристрій, не отримавши квитанцію, повторює посилку, і ведене відпрацьовує її повторно. Не завжди це суттєво, але якщо перепосилалась команда типу "збільшити параметр на 1" це може привести до незапланованого подвійного збільшення параметра. В такому випадку треба передбачити що-небудь типу циклічної нумерації посилок, щоб ведене пристрій відрізняло повторні посилки від нових і не відпрацьовувало їх.

### **3.10.3 Захист пристроїв від перенапруги в лінії зв'язку**

Різниця потенціалів між провідниками лінії і між лінією і "землею" приймача/передавача, як правило, не повинна виходити за межі -7 ... +12 В. Отже, може знадобитися захист від різниці потенціалів між "землями" та від перенапруг через замикання на високовольтні ланцюга.

Різниця потенціалів між "землями". При організації мережі на основі інтерфейсу RS-485 слід враховувати неявне присутність третього провідника – "землі". Адже всі приймачі мають живлення і "землю". Якщо пристрої розташовані недалеко від початкового джерела живлення, то різниця потенціалів між "землями" пристроїв в мережі невелика. Але якщо пристрої знаходяться далеко один від одного і отримують місцеве живлення, то між їх "землями" може виявитися істотна різниця потенціалів. Можливі наслідки - вихід з ладу приймача/передавача, а то й усього пристрою. В таких випадках слід застосовувати гальванічну розв'язку або дренажний провід.

Гальванічна розв'язка лінії та пристроїв здійснюється оптронною розв'язкою цифрових сигналів (RO, DI, RE, DE) з організацією ізольованого живлення мікросхем приймачів/передавачів або застосуванням приймачів з вбудованою гальванічною розв'язкою сигналів і живленням (наприклад, MAX1480). Тоді разом з диференціальними



провідниками прокладаються провід ізольованою "землі" (сигнальної "землі") і, можливо, провід ізольованого живлення лінії.

Дренажний провід – провід, що прокладається разом з кручений парою і з'єднує "землі" віддалених пристроїв. Через цей провід зрівнюються потенціали "земель". При включенні пристрою в лінію дренажний провід слід приєднувати першим, а при відключенні – від'єднувати останнім. Для обмеження струму через дренажний провід його заземлюють в кожному пристрої через резистор в 100 Ом (0.5 Вт) (рис. 3.23).

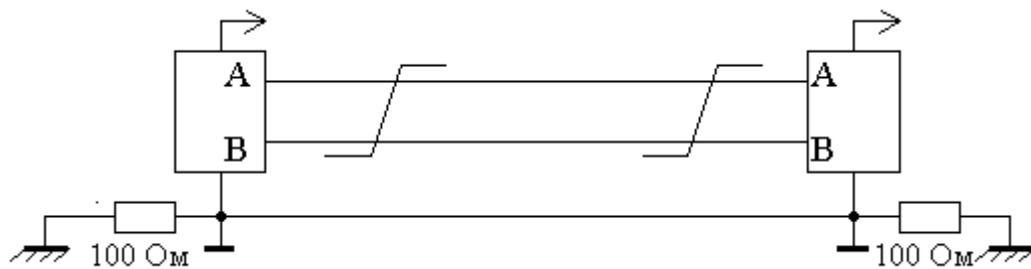


Рисунок 3.23 – Обмеження струму через дренажний провід

Замикання на високовольтні ланцюга. Якщо існує небезпека потрапляння на лінію або одну з місцевих "земель" високої напруги, слід застосовувати оптронну розв'язку або шунтуючі обмежувачі напруги. А краще і те і інше.

Напруга пробою оптронної розв'язки інтерфейсу становить сотні й навіть тисячі вольт. Це добре захищає пристрій від перенапруги, загального для всіх провідників лінії. Однак, при диференціальних перенапруженнях, коли високий потенціал виявляється на одному з провідників, сам приймач буде пошкоджений.

Для захисту від диференціальних перенапружень всі провідники лінії, включаючи ізольований загальний, шунтується на локальні "землі" за допомогою обмежувачів напруги. Це можуть бути варистори, напівпровідникові обмежувачі напруги та газорозрядні трубки. Фізичний принцип їх дії різний, але суть одна - при нарузі вище порогового їх опір різко падає, і вони шунтуючих лінію. Газорозрядні трубки можуть шунтувати дуже великі струми, але мають високий поріг пробою і низька швидкодія, тому їх краще застосовувати за тріступеневою схемою разом з напівпровідниковими обмежувачами. Коли заземлення лінії неможливо, провідники лінії шунтуючих обмежувачами між собою. Але це захистить тільки від диференціальних перенапруг – захист від загального повинна взяти на себе оптронна розв'язка (рис. 3.24).

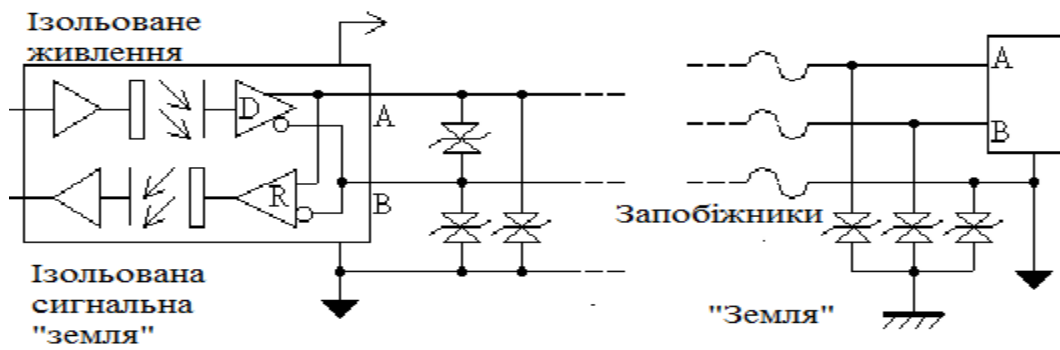


Рисунок 3.24 – Застосування оптронної розв'язки

Захист обмежувачами напруги дієва при короткочасних перенапруженнях. При тривалих – струми короткого замикання можуть вивести обмежувачі з ладу, і пристрої на лінії виявляться без захисту. Для захисту від коротких замикань в лінію можна послідовно включити плавкі запобіжники.

#### 3.10.4 Додаткові заходи захисту від перешкод

Якщо є можливість вибору маршруту прокладки кабелю з виміром рівня перешкод - не варто їй нехтувати. Навіть якщо програмна корекція помилок успішно справляється зі збоями, потрібно зробити все, щоб фізично знизити рівень перешкод у лінії. Корисно передбачити в програмі діагностичний режим, в якому накопичувалася б статистика збоїв, відпрацьовуються програмної корекцією (провал по контрольній сумі чи тайм-ауту). Якщо збоїв занадто багато, бажано попрацювати над пошуком і усуненням їх причини. Зниження швидкості зв'язку (бодрейта) у багатьох випадках підвищує завадостійкість. Не має сенсу встановлювати швидкість обміну більше, ніж необхідно для нормальної роботи системи, якщо тільки не потрібно запас на модифікацію.

Прокладка кабелю. По можливості не слід проводити виту пару уздовж силових кабелів, тим більше в загальному кабелі, так як існує небезпека наведень від силових струмів через взаємну індуктивність. Силові обладнання, комутуючі великі струми, також є джерелом перешкод. Сигнальні ланцюги живлення оптронної ізолюваної лінії краще не використовувати для живлення чого-небудь ще, тому що протікають по сигнальній "землі" зайві струми можуть вносити в лінію додатковий шум. Неякісна вита пара з асиметричними характеристиками провідників - ще одне джерело проблем. Чим менше крок кручений пари (частіше перевиті проводи) - тим краще. Навіть якщо не застосовується оптронна розв'язана лінія або дренаж, варто відразу провести кабель з

запасний кручений парою - на випадок, якщо станеться обрив першою або все ж таки знадобиться провести сигнальну землю.

Екранування та заземлення. У промислових умовах, важких в плані електромагнітного шуму, рекомендується застосовувати екранований кабель з кручений парою. Екран, що охоплює провідники лінії, захищає їх від паразитних ємкісних зв'язків і зовнішніх магнітних полів. Екран слід заземлювати тільки в одній з крайніх точок лінії. Заземлення в декількох точках неприпустимо: через різницю потенціалів місцевих "земель" по екрану можуть протікати істотні струми, які будуть створювати наведення на сигнальні провідники. Деякі розробники рекомендують для захисту від радіоперешкод додатково включати в декількох місцях між екраном і заземленням спеціальні високочастотні конденсатори ємністю 1 ... 10 нФ.

Індуктивні фільтри. Якщо в лінію все ж потрапляють високочастотні перешкоди, їх можна відсіяти індуктивними фільтрами. Існують спеціальні індуктивні фільтри, призначені для придушення високочастотних перешкод у лініях зв'язку. Вони послідовно включаються в лінію безпосередньо у приймачів (рис. 3.25).



Рисунок 3.25 – Використання індуктивного фільтру

Наприклад, мікросхема В82790-S фірми Еrcos, виконана у вигляді чотирьохполюсника, через який звита пара під'єднується до приймача.

### 3.11 Апаратна реалізація блоку

Блок розроблений для ПТК Fastwel інтерфейсом MicroPC. Основні особливості інтерфейсу – всі діючі сигнали на інтерфейс (адреса, дані, команди, переривання і т.д.) видаються і приймаються низьким рівнем напруги - логічним "0". Сигнал підтвердження / ХАСК видається приймачем у разі порівняння адреси порту вводу-виводу і звернення

командою до даного блоку. У разі відсутності на інтерфейсі приймача сигналу через 10 мкс операція завершується зняттям команди і переходом до виконання наступної команди. Таким чином, вирішується проблема "зависання" команди.

На рисунку 3.26 наведено фрагмент вхідної частини 2-канального блоку контролера.

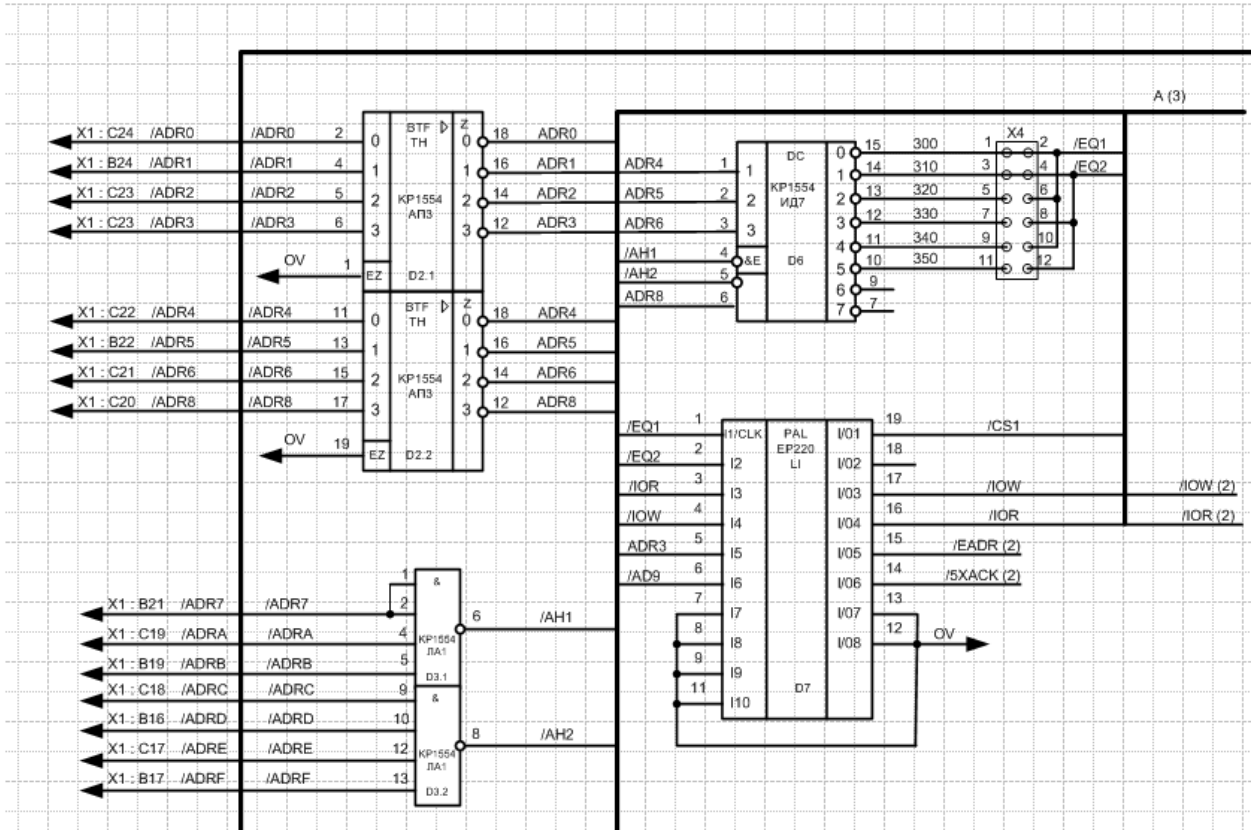


Рисунок 3.26 – Фрагмент вхідної частини блоку

Для поліпшення захисту модуля від перешкод шинні формувачі на введення і виведення даних розділені. Це в свою чергу спрощує керування ними і не створює перешкоди при перемиканні напрямку передачі, але вимагає додаткової мікросхеми.

На рисунку 3.27 наведено часову діаграму виконання команди запису в порт блоку.

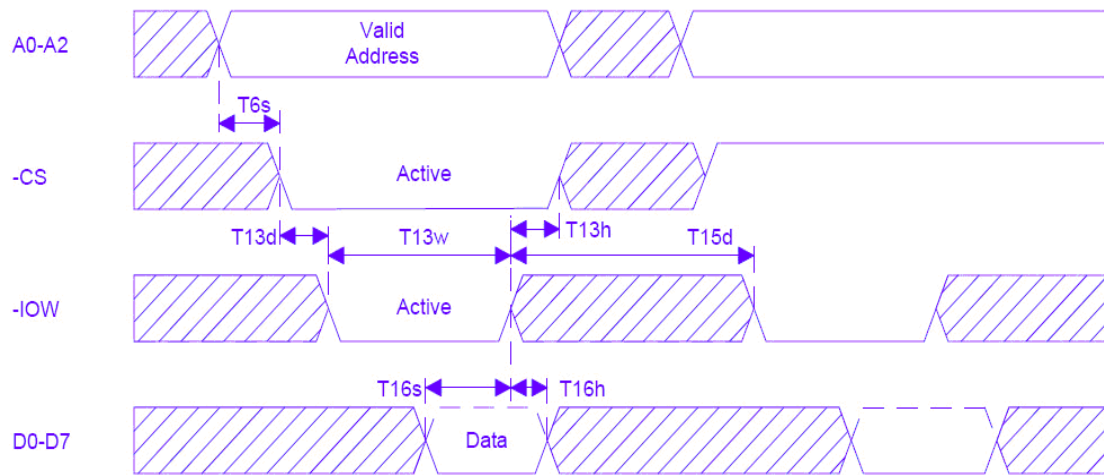


Рисунок 3.27 – Часова діаграма виконання команди запису в порт блоку

На рисунку 3.28 наведено часову діаграму виконання команди читання з порту блоку.

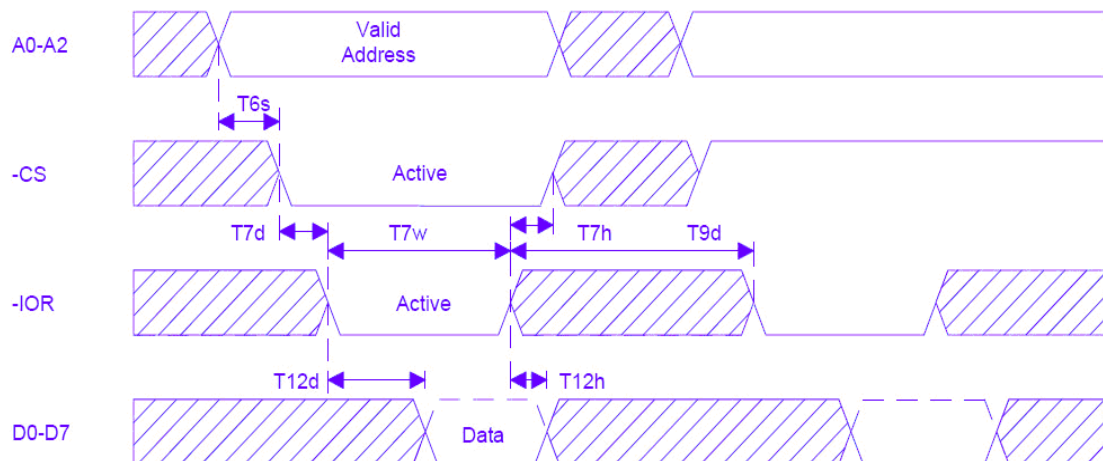


Рисунок 3.28 – Часова діаграма виконання команди читання з порту блоку

### 3.12 Апаратна реалізація комунікаційної частини

Оснoву комунікаційної частини блоку складають комунікаційні мікросхеми COM20020 фірми Standard Microsystems.

Одна мікросхема, згідно архітектури мікросхеми, дозволяє організувати прийом/передачу 1 інформаційного каналу. Мікросхема містить весь необхідний набір модемних сигналів. Таким чином, для організації прийому/передачі не потрібно

застосовувати додаткове обладнання, крім мікросхем, що забезпечують рівень сигналів +5В у вихідній частині. З інтерфейсною частиною комунікаційна частина працює байтами. Адресація відбувається трьома молодшими розрядами A0...A2. Вибір інформаційного каналу в мікросхемі відбувається за допомогою сигналів дешифрації каналу /CS0, /CS1.

На рисунку 3.29 наведено розроблену комунікаційну частину блоку.

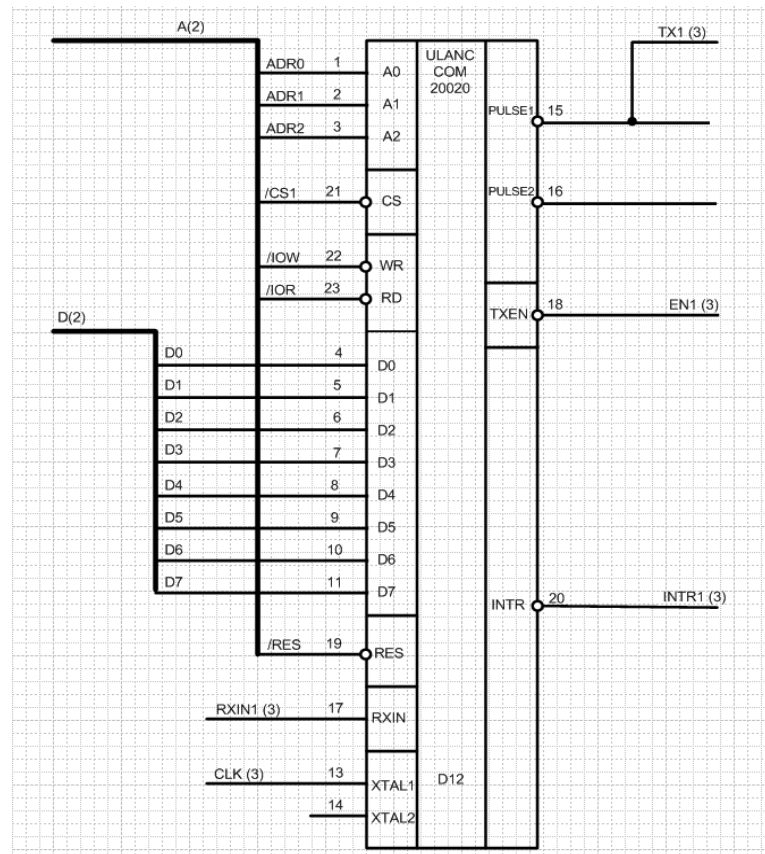


Рисунок 3.29 – Комунікаційна частина 2-канального блоку на базі мікросхем COM20020 фірми Standard Microsystems

### 3.13 Розроблення вихідної частини

Блок повністю відповідає вимогам інтерфейсу RS-485 за функціональними можливостями, а саме:

- підтримує напівдуплексний режим роботи;
- містить набір сигналів для передачі/прийому;
- стандартну швидкість передачі і ряд інших функцій.

В даний час на ринку вихідних мікросхем для інтерфейсу RS-485 спостерігається значний прогрес. Широка номенклатура мікросхем фірми Maxim дозволяє задовольнити вимоги розробників модулів інтерфейсу RS-485. Наприклад, в мікросхемі MAX3068 реалізований повний набір сигналів RS-485, а для мікросхем інтерфейсу RS-485 передбачена гальванічна розв'язка у вхідній і вихідній частини. Живлення мікросхеми зведено до одного джерела живлення +5 В. Серед переваг мікросхем даної фірми треба відзначити і розширений діапазон температур  $-40 - +70^{\circ}\text{C}$ .

На рисунку 3.30 наведена вихідна частина одного каналу 2-канального блоку на базі мікросхем MAX3068 фірми Maxim.

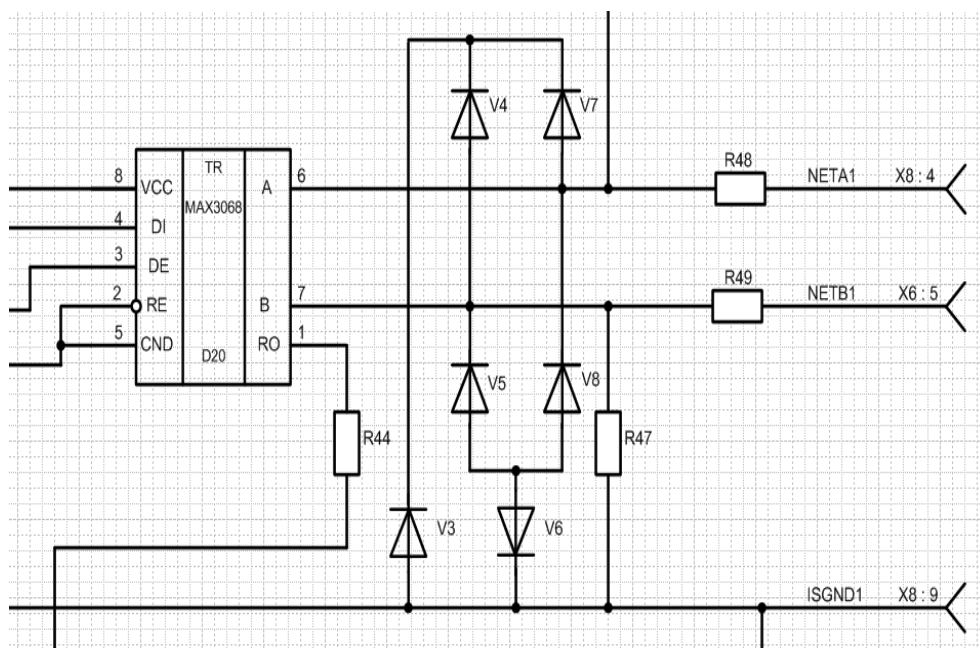


Рисунок 3.30 – Вихідна частина одного каналу 2-канального блоку на базі мікросхем MAX3068 фірми Maxim

Гальванічна розв'язка джерела живлення виконана на базі мікросхеми MAX253, а стабілізатор напруги – на базі MC78L05. Стабілізатор напруги видає значення напруги +5В і живить 2 канали вихідної частини блоку.

На рисунку 3.31 наведена реалізація оптронної гальванічної розв'язки джерела живлення зі стабілізатором напруги.

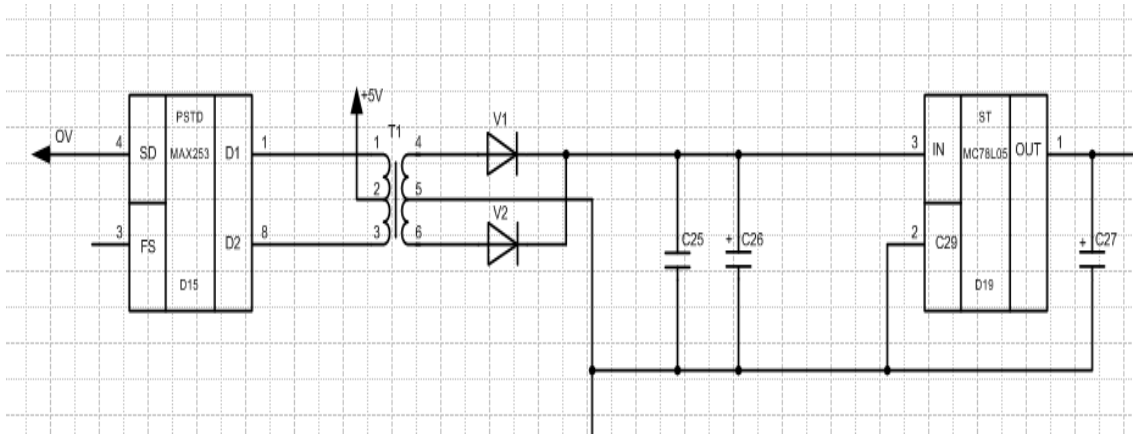


Рисунок 3.31 – Реалізація оптронної гальванічної розв'язки джерела живлення зі стабілізатором напруги

Передача інформації в лінію здійснюється через оптрони. На рис. 3.32 наведена апаратна реалізація одного каналу передачі через оптрон 5П18 (мікросхема D17).

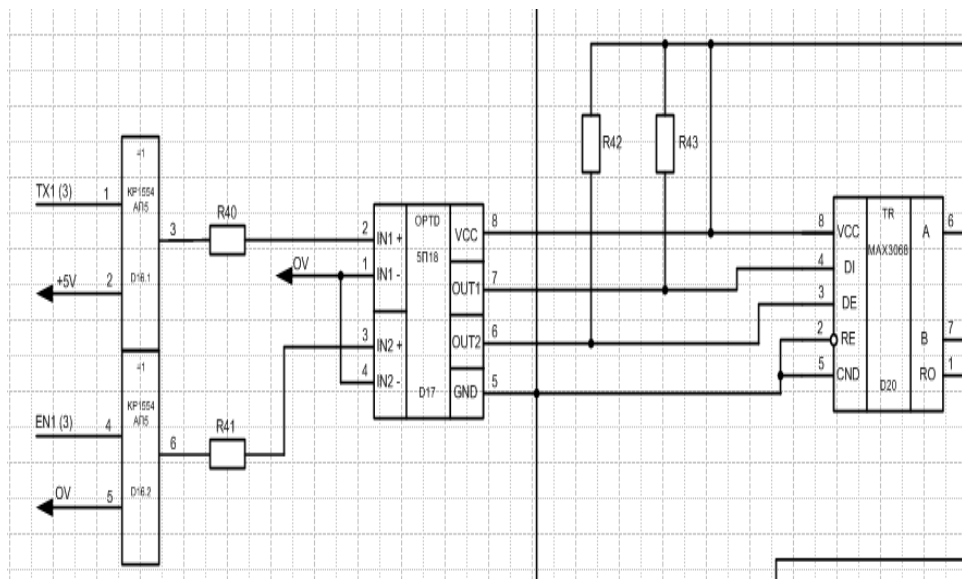


Рисунок 3.32 – Апаратна реалізація каналу передачі інформації через оптрон

Приєм інформації з лінії здійснюється також через оптрони. На рис. 3.33 наведена апаратна реалізація одного каналу прийому через оптрон 5П18 (мікросхема D17).



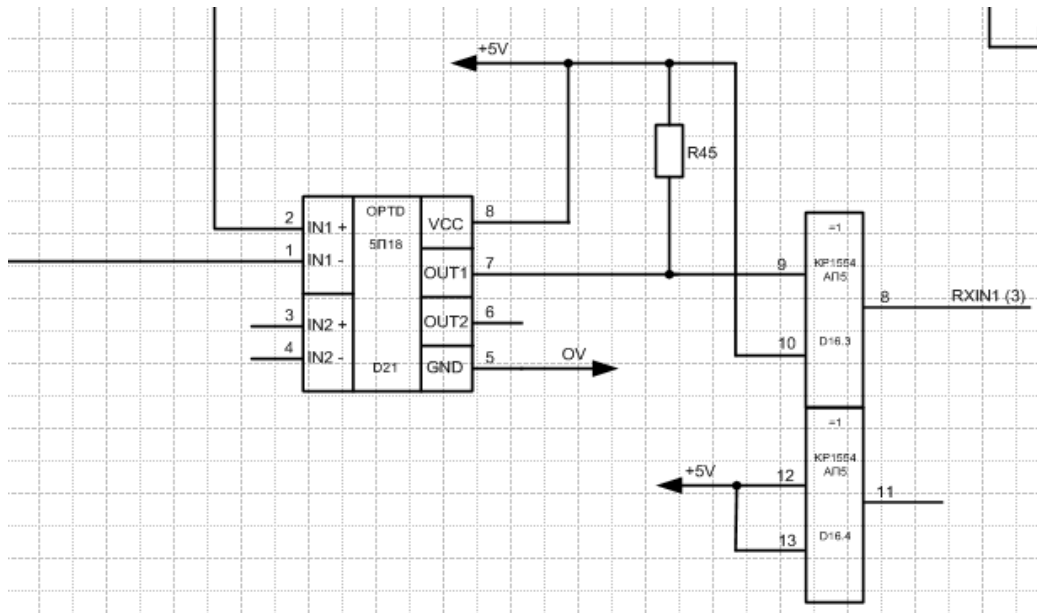


Рисунок 3.33 – Апаратна реалізація каналу прийому інформації через оптрон

На рисунку 3.34 наведена реалізація переривань від каналів блоку.

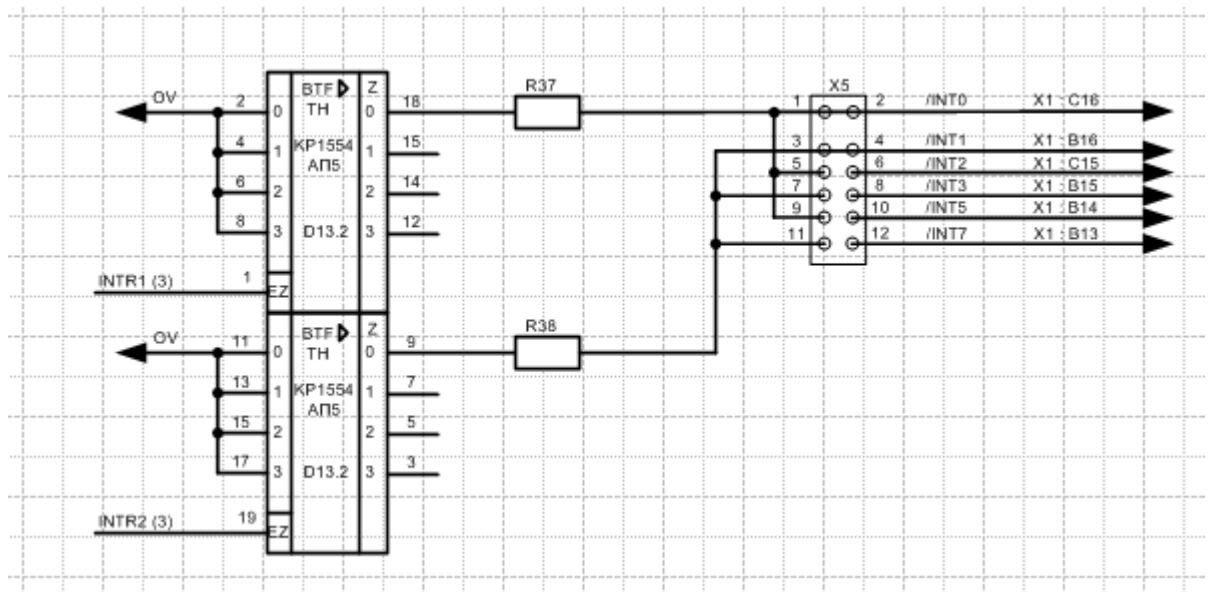


Рисунок 3.34 – Апаратна реалізація переривань від каналів блоку

На рисунку 3.35 наведена схема синхронізації, що виробляє тактові імпульси для комунікаційної мікросхеми COM20020 фірми Standard Microsystems (див. рис. 3.29).

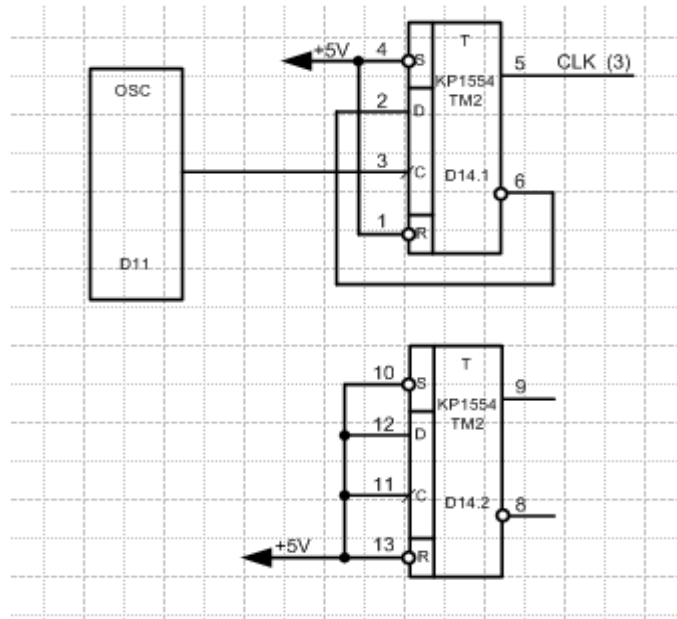


Рисунок 3.35 – Апаратна реалізація схеми синхронізації

Для реалізації схеми синхронізації обрано мікросхему KP1554TM2, що виробляє прямокутні імпульси та забезпечує надійну та безперебійну синхронізацію блоку.

Передача інформації в лінію по кожному каналу супроводжується індикацією (рис. 3.36).

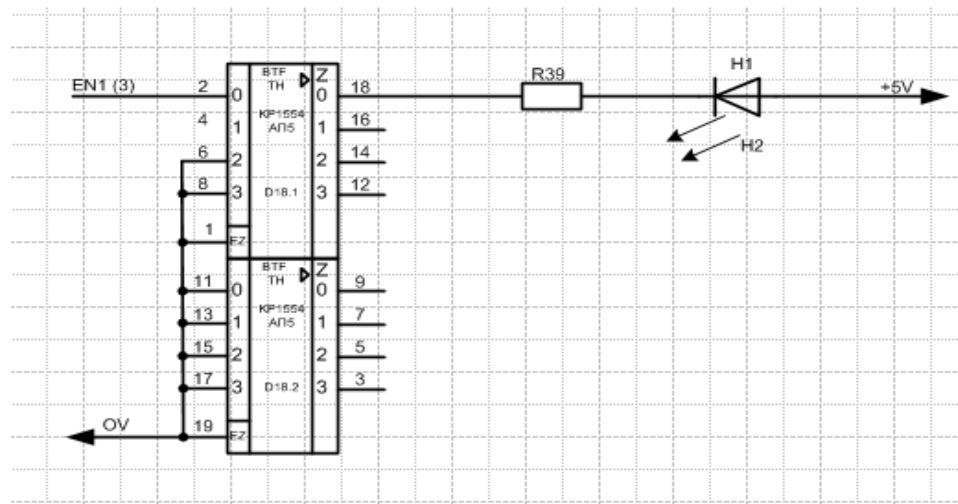


Рисунок 3.36 – Апаратна реалізація схеми індикації передачі інформації в лінію

Завдяки розділенню каналів читання та запису по інтерфейсу MicroPC значно спрощується керування шинними формувачами D5, D8 (рис. 3.37).

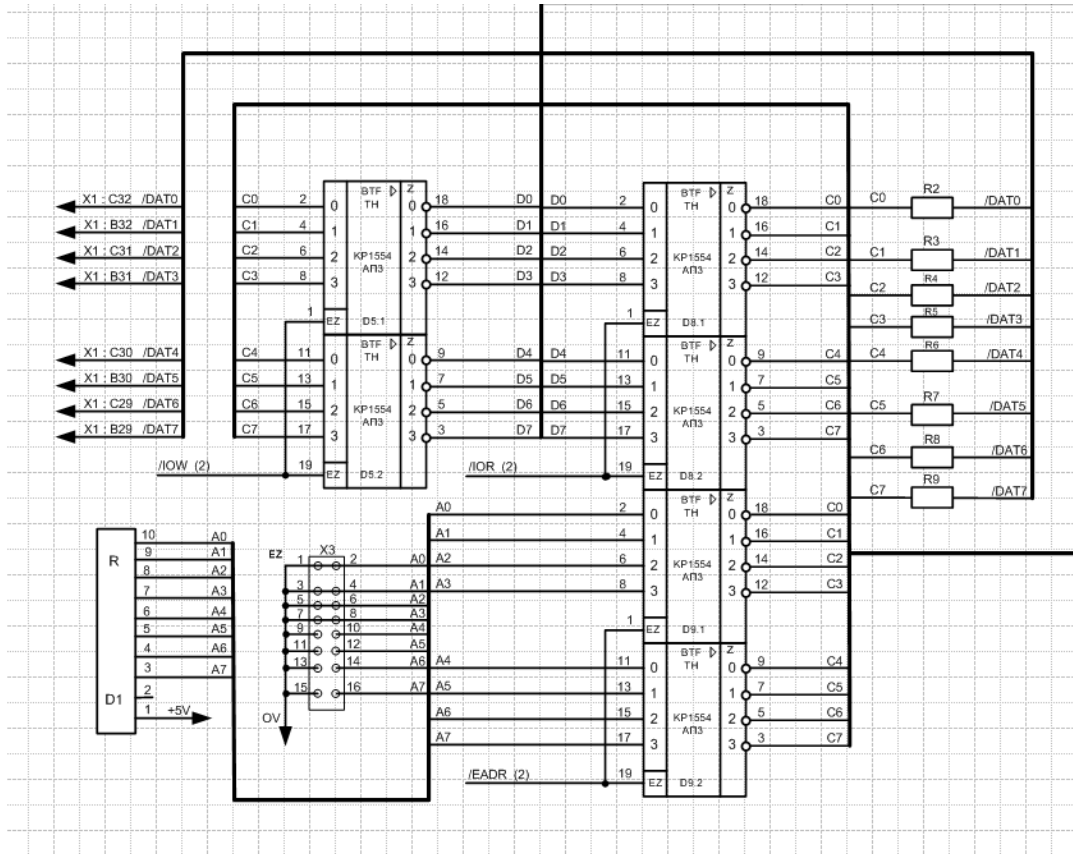


Рисунок 3.37 – Апаратна реалізація каналі читання та запису по інтерфейсу MicroPC

За допомогою джамерів X3 користувач має можливість встановлювати адрес блоку, який потім зчитується через шинний формувач D9 (рис. 3.38).

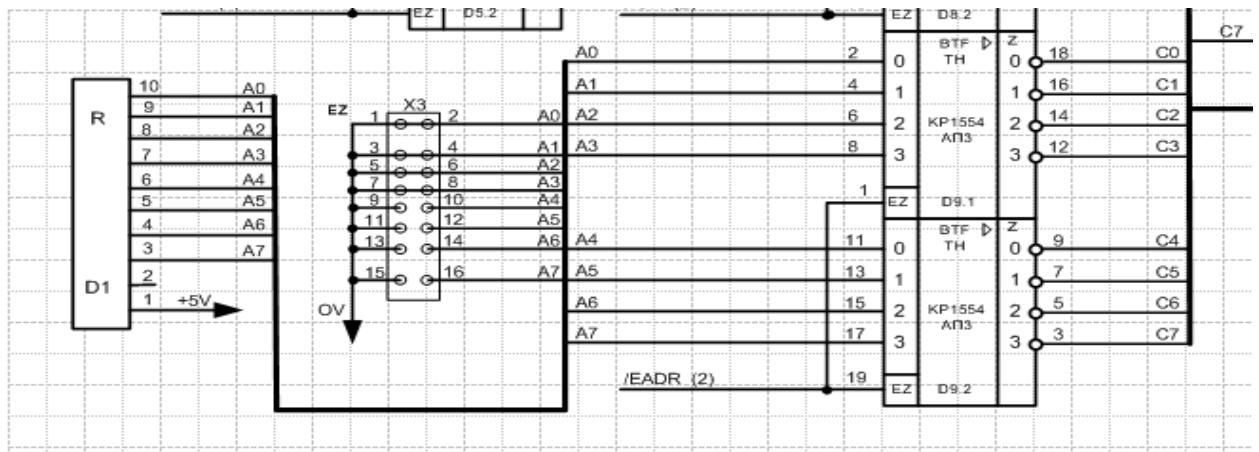


Рисунок 3.38 – Встановлення адресу блоку

### 3.14 Дослідження залежності швидкості передачі від довжини кабелю в мережі RS-485

Залежно від швидкості передачі і необхідної довжини кабелю можна використовувати або спеціально спроектований для інтерфейсу RS-485 кабель, або практично будь-яку пару проводів. Кабель, спроектований спеціально для інтерфейсу RS-485, є кручено парою з хвильовим опором 120 Ом.

Для проведення дослідження обрано екранований кабель Belden UTP 2 пари категорії 5e (специфікація 1592a), (рис. 3.26). Температурний режим дозволяє використання кабелю в діапазоні від  $-20\dots+75^{\circ}\text{C}$ . Максимальна напруга в кабелі – до +24 В.



Рисунок 3.39 – Екранований кабель Belden UTP 2 пари категорії 5e

Стандарт передачі EIA-485 для RS-485 не нормує формат інформаційних кадрів і протокол обміну. Найчастіше для передачі байтів даних використовуються ті ж фрейми, що і в інтерфейсі RS-232: стартовий біт, біти даних, біт паритету (якщо потрібно), стоповий біт (рис. 3.40).

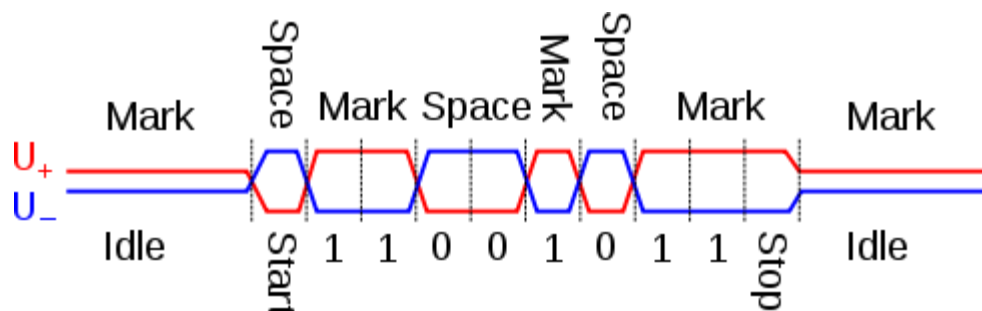


Рисунок 3.40 – Інформаційний кадр передачі

Протоколи обміну в більшості систем працюють за принципом «ведучий» — «ведений». Один пристрій на магістралі є ведучим (master) і ініціює обмін послілкою

запитів підлеглим пристроям (slave), котрі розрізняються логічними адресами. Одним з популярних протоколів є протокол Modbus RTU.

Тип з'єднувачів і розпайка також не визначаються стандартом. Зустрічаються з'єднувачі DB9, клемні з'єднувачі та ін.

Для дослідження використано стандарт IEEE 802.5 («маркерне кільце») — архітектура мереж з кільцевою логічною топологією і детермінованим методом доступу, заснованому на передачі маркера. Даний протокол позитивно зарекомендував себе при створенні локальних мереж передачі інформації Arcnet промислових систем автоматизації (табл. 3.1) [25].

Таблиця 3.1 – Характеристики протоколу Token ring

Параметр	Значення
Швидкість передачі	До 10 МБіт/с
Кількість станцій	До 255
Топологія	Зірка, шина
Кабель	Звита пара
Тип кабелю	Не визначено

Результати дослідження швидкості передачі в мережі інтерфейсу RS-485 від довжини кабелю наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати дослідження швидкості передачі в мережі інтерфейсу RS-485 від довжини кабелю

Довжина кабелю, м	Швидкість передачі, МБіт/с
10	10
100	5
200	1,5
500	0,5
1000	0,1

Для зменшення випромінюваних і прийнятих перешкод важливе значення має кількість витків на одиницю довжини кабелю, а також ідентичність параметрів всіх проводів.

При використанні неізольованих трансиверів інтерфейсу крім сигнальних проводів в кабелі необхідно передбачити ще одну виту пару для з'єднання ланцюгів заземлення, що з'єднують інтерфейси. При наявності гальванічної ізоляції інтерфейсів цього робити не потрібно.

Кабелі можуть бути як екранованими, так і ні. Без експерименту дуже важко вирішити, чи потрібен екран. Однак, з огляду на, що вартість екранованого кабелю не набагато вище, краще завжди використовувати кабель з екраном.

При низькій швидкості передачі і на постійному струмі велику роль відіграє падіння напруги на омичному опорі кабелю. Так, стандартний кабель для інтерфейсу RS-485 перерізом  $0,35 \text{ мм}^2$  має омичний опір  $48,5 * 2 = 97 \text{ Ом}$  при довжині 1 км. При термінальному резисторі 120 Ом кабель буде виконувати роль дільника напруги з коефіцієнтом ділення 0,55, тобто напруга на виході кабелю буде приблизно в 2 рази менше, ніж на його вході. Цим обмежується допустима довжина кабелю при швидкості передачі менше 100 кбіт / с.

На більш високих частотах допустима довжина кабелю зменшується з ростом частоти і обмежується втратами в кабелі і ефектом тремтіння фронту імпульсів. Втрати складаються з падіння напруги на омичному опорі провідників, яке на високих частотах зростає за рахунок витіснення струму до поверхні (скін-ефект) і втрат в діелектрику. Наприклад, ослаблення сигналу в кабелі Belden 9501PVC становить 10 дБ (3,2 рази) на частоті 20 МГц і 0,4 дБ (на 4,7%) на частоті 100 кГц при довжині кабелю 100 м.

Параметр тремтіння фронту імпульсів визначається за допомогою "Глазкової діаграми" [26, 27].

На вхід лінії подається псевдовипадкова двійкова послідовність імпульсів, мінімальна ширина яких відповідає заданій швидкості передачі, до виходу підключається осцилограф. Якщо до моменту приходу чергового імпульсу перехідний процес, викликаний попереднім імпульсом, не встигає встановитися, то "хвіст" попереднього імпульсу складається з початком чергового, що призводить до зсуву точки перетину імпульсами нульового рівня на вході диференціального приймача. Величина зсуву залежить від ширини імпульсів і тривалості паузи між ними. Тому, коли на вхід лінії подають псевдовипадкову двійкову послідовність імпульсів, то на осцилографі, підключеному до виходу лінії, описане зрушення проявляється як розмитість або тремтіння фронтів імпульсів, накладених один на одного. Це тремтіння обмежує можливість розпізнавання логічних рівнів і швидкість передачі інформації. Величина тремтіння оцінюється у відсотках щодо ширини самого короткого імпульсу. Чим більше тремтіння, тим важче розпізнати сигнал і тим нижче вірогідність передачі.

### 3.15 Методика вибору кабелю

Для вибору кабелю передачі, згідно визначених параметрів, пропонується застосувати наступну методику [28]:

1. Виходячи з необхідного значення швидкості обміну, обчислити тривалість інформаційного біта за формулою:

$$T_b = 1 / C, \quad (3.4)$$

де  $C$  - швидкість обміну.

2. Задати мінімальне значення напруги сигналу ( $U_0$ ), яке повинно бути присутнім на вході самого віддаленого приймача

3. Задати максимальний допустимий рівень спотворень сигналу ( $\delta, \%$ ) на вході самого віддаленого приймача.

4. Задати максимальне необхідне значення довжини кабелю ( $L$ , м).

5. Обчислити максимальне допустиме значення омичного опору кабелю довжиною  $L$  за формулою:

$$R_l = R_c \times (U_{min} - U_0) / U_0, \quad (3.5)$$

де  $R_l$  - повне омичний опір кабелю довжиною  $L$ ;

$R_c$  - опір узгоджувального резистора, рівний хвильовому опору кабелю;

$U_{min}$  - мінімальна напруга сигналу на виході формувача, рівна 1,5 В;

$U_0$  - мінімальна напруга сигналу, яка повинна бути присутня на вході самого віддаленого приймача.

6. Обчислити опір кабелю по формулі:

$$r_k = R_l / L, \quad (3.6)$$

де  $r_k$  - погонний опір кабелю.

7. Керуючись довідковими даними, наприклад фірми Belden, вибрати кабель, хвильовий опір якого дорівнює прийнятому в п.5, а погонний опір - не більше обчисленого в п.6.

8. Обчислити тривалість переднього фронту імпульсу (час наростання сигналу від 10% до 90% його максимального рівня), скориставшись параметрами обраного кабелю:

$$t_r = 2,2 \cdot R_{екв} \cdot C_k \cdot L, \quad (3.7)$$

де  $t_r$  – тривалість переднього фронту сигналу на вході самого віддаленого приймача;

$C_k$  – погонна ємність кабелю;

$R_{екв}$  – еквівалентний активний опір навантаження формувача, яке визначається наступним чином:

$$R_{екв} = L \times r_k^* + 1 / (n / R_{вх} + 2 / R_c) \approx Z_k, \quad (3.8)$$

де  $r_k^*$  – погонний опір обраного кабелю;

$L$  – максимальне необхідне значення довжини кабелю;

$R_{вх}$  – вхідний опір приймача;

$R_c$  – опір узгоджувального резистора, рівний хвильовому опору кабелю;

$n$  – передбачувана кількість приймачів, що підключаються до кабелю;

$Z_k$  – хвильовий опір кабелю.

9. Встановити реальне значення рівня спотворень сигналу на вході самого віддаленого приймача ( $\delta^*$ ), яке визначається відношенням тривалості переднього фронту сигналу, розрахованої в п.8, до повної тривалості інформаційного біта, значення якої встановлено в п.1, а також мінімальною напругою сигналу на вході самого віддаленого приймача  $U_0$  відповідно.

Якщо отриманий рівень спотворень перевищує допустимий згідно п.3, слід повторити вибір кабелю. При цьому кабель повинен мати менші значення погонного опору і погонної ємності, ніж обраний в п.7. Якщо не вдається вибрати кабель з кращими параметрами, слід знизити значення швидкості обміну або скоротити протяжність лінії зв'язку.

Графіки, наведені на рис. 3.41, побудовані, виходячи з припущення, що формувач має максимально допустимий ступінь асиметрії виходу, приймач володіє найгіршою допустимою чутливістю, а фронти сигналу, що поширюється по лінії зв'язку між самими віддаленими її точками, мають форму, близьку до зворотної експоненти. В реальних умовах спотворення можуть мати характер, відмінний від припущень, використаних при побудові графіків.

Графіки, наведені на рис. 3.41, побудовані, виходячи з припущення, що формувач має максимально допустимий ступінь асиметрії виходу, приймач володіє найгіршою допустимою чутливістю, а фронти сигналу, що поширюється по лінії зв'язку між самими



віддаленими її точками, мають форму, близьку до зворотної експоненти. В реальних умовах спотворення можуть мати характер, відмінний від припущень, використаних при побудові графіків.

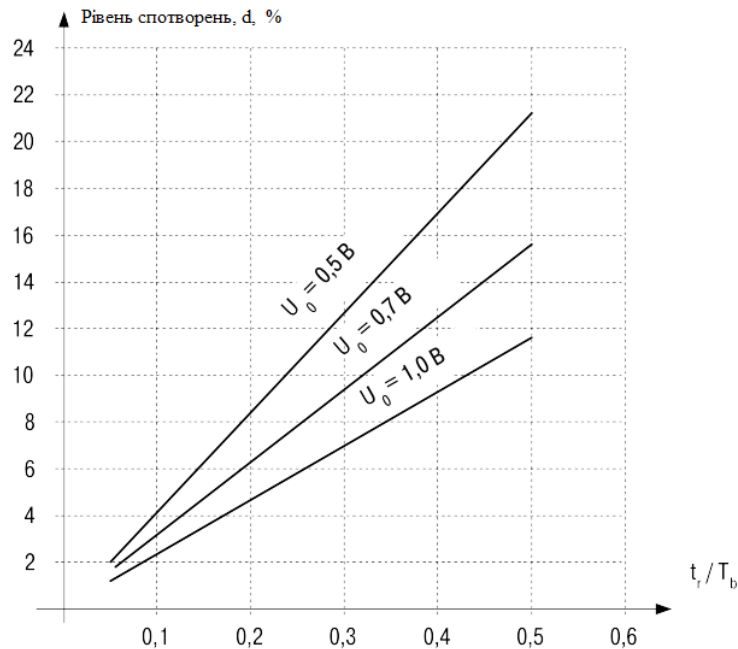


Рисунок 3.41 – Графік залежності рівня спотворень сигналу на вході приймача від мінімальної напруги сигналу на його вході і від відношення тривалості переднього фронту до тривалості інформаційного біта

В реальних умовах розробнику нерідко доводиться вирішувати зворотну задачу, а саме, за наявними технічними характеристиками придбаних приймачів/передавачів, необхідної протяжності лінії зв'язку і параметрам стандартного кабелю визначати максимально можливе значення швидкості передачі даних. Розглянемо конкретний приклад.

Нехай необхідна протяжність лінії зв'язку становить 1200 м. В якості середовища обміну передбачається застосувати неекрановану виту пару на основі проводу МГШВ 0,35. Крім того, використовується приймач-передавач фірми Maxim на базі інтегральної мікросхеми MAX1480V. Необхідно визначити максимально можливе значення швидкості передачі даних.

Виходячи з припущення, що хвильовий опір лінії зв'язку становить близько 180 ... 200 Ом, а погонна ємність - близько 80 ... 100 пФ/м, обчислюємо тривалість переднього фронту переданого біта інформації:

$$t_r = 2,2 \times R_{екв} \times C_k \times L = 2,2 \times (180 \dots 200) \times (80 \dots 100) \times 1200 = (38,02 \dots 52,08) \text{ мкс},$$

Допустиме відношення тривалості переднього фронту до повної тривалості переданого біта інформації MAX1480В становить 0,5. Таким чином, максимально можливе значення швидкості передачі даних лежить в діапазоні, який визначається наступним співвідношенням:

$$\begin{aligned} 2/52,00 \cdot 10^{-6} &\leq C_{\max} \leq 2/38,02 \cdot 10^{-6}; \\ 9600,6 \text{ біт /сек} &\leq C_{\max} \leq 13151,0 \text{ біт/сек}. \end{aligned}$$

Якщо в якості середовища обміну застосувати кабель типу 9842 фірми Belden, хвильовий опір якого дорівнює 120 Ом, а погонна ємність – 42 пФ/м, то максимально можливе значення швидкості передачі становитиме близько 37594 біт/с.

### 3.16 Дослідження впливу середовища обміну

При розробленні системи передачі даних необхідно враховувати той факт, що на якість її функціонування можуть впливати такі ефекти, як перешкоди, наведені на лінію зв'язку, різниця потенціалів землі в місцях розміщення технічних засобів системи, активні і реактивні втрати потужності, а також відображення, які можуть мати місце при високих швидкостях обміну. Ступінь впливу електромагнітних перешкод і різниці потенціалів землі залежить від умов, в яких функціонує система, і її ефективність визначається багатьма факторами, в тому числі збалансованістю або симетрією.

Активні і реактивні втрати залежать від якості застосовуваного кабелю. Відображення є результатом внесення кожним пристроєм реактивних складових в еквівалентне навантаження, підключене до виходу формувача, що знаходиться в активному стані.

При цьому реактивні складові переважно мають ємнісний характер. Стандарт описує пристрої, здатні функціонувати в широкому діапазоні швидкостей обміну (до 10 Мбіт/с). Тому необхідно враховувати, що навіть при невисоких швидкостях обміну, наприклад 19,2 кбіт/с, тривалості переднього і заднього фронтів інформаційного біта можуть становити не більше 10 нс, а приймачі можуть мати ще більш високу швидкодію. Таким чином, якщо не прийняті спеціальні заходи, то навіть короточасні перешкоди можуть призвести до порушення цілісності потоку переданих даних, в тому числі при низьких швидкостях обміну.

### 3.17 Дослідження електромагнітних перешкод і симетрії параметрів каналу зв'язку

Стійкість системи зв'язку до електромагнітних перешкод, що виникають в результаті наявності паразитних індуктивних або ємкісних зв'язків джерел перешкод із середовищем обміну, частково визначається ступенем асиметрії (або дисбалансу) розподілених і зосереджених параметрів лінії зв'язку відносно «землі». Інтенсивність перешкоди, що діє між двома провідниками кабелю, як правило, буде визначатися ступенем асиметрії повного імпедансу відносно «землі», якщо припустити, що джерело перешкоди має однаковий паразитний зв'язок з кожним із провідників.

Розглянемо структуру, що складається з активного генератора, який розташований в одній з найвіддаленіших точок лінії зв'язку. В протилежній найбільш віддаленій точці лінії зв'язку розташовується кілька приймачів і формувачів, які перебувають в пасивному стані і представлених у вигляді еквівалентної мостової схеми (рис. 3.42).

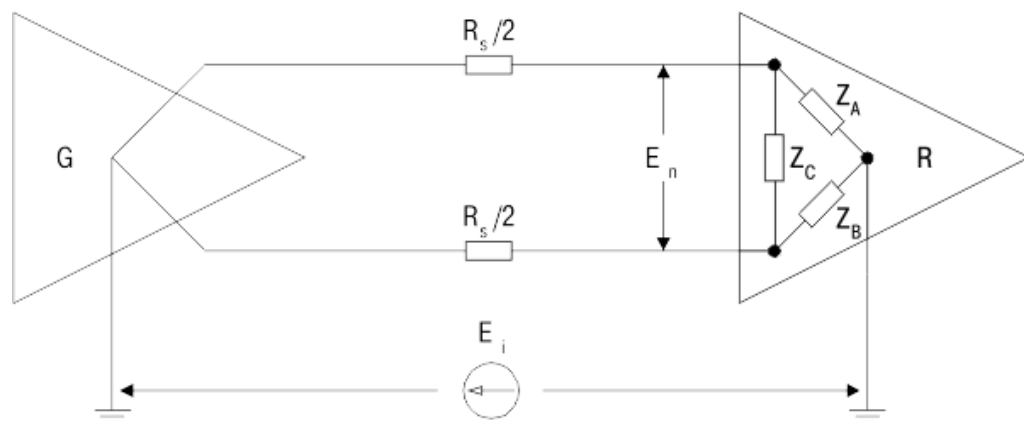


Рисунок 3.42 – Еквівалентна схема системи зв'язку при впливі синфазної перешкоди

На рис. 3.42  $R_s$  – на високих частотах – хвильовий опір кабелю, на низьких частотах – повний омичний опір кабелю;  $Z_a$ ,  $Z_b$ ,  $Z_c$  - повні імпеданси сукупності приймачів, представлених у вигляді мостової еквівалентної схеми;  $E_i$  - напруга перешкоди загального вигляду;  $E_n$  - приведена до входу напруга протифазної складової перешкоди.

Оскільки формувач в активному стані має малий вихідний опір, на низьких частотах можна вважати, що синфазна складова перешкоди прикладається до кожного входу еквівалентної мостової схеми приймача через опір  $R_s/2$ .

Для зазначеної еквівалентної схеми ступінь асиметрії визначається відношенням інтенсивності перешкоди загального вигляду  $E_i$  до напруги перешкоди  $E_n$ , наведеної між провідниками кабелю на вході еквівалентної схеми приймача:

$$B = 20 \cdot \log |E_i / E_n|. \quad (3.9)$$

Відношення  $E_i / E_n$  визначається наступною формулою:

$$E_i / E_n = ((Y_a + Y_c + 2G_s) \cdot (Y_b + Y_c + 2G_s) - Y_c^2) / (2G_s \cdot (Y_b - Y_a)), \quad (3.10)$$

де  $Y_{\langle x \rangle} = 1 / Z_{\langle x \rangle}$ ,  $G_s = 1 / R_s$ .

Нехай  $Y_b - Y_a = Y_d$ . Крім того, виходячи з практичних міркувань, можна вважати, що  $(Y_a, Y_b, Y_c) \ll G_s$ . Тоді ступінь асиметрії наближено виражається наступною формулою:

$$E_i / E_n = 2G_s / Y_d \quad (3.11)$$

Таким чином, ступінь асиметрії обернено пропорційна сумі різниць повних (комплексних) провідностей між входними клемми кожного приймача і «землею» і не залежить від повної синфазної провідності входу приймача щодо «землі» ( $Y_a + Y_b$ ).

Симетрія каналу найбільш істотна в області високочастотних складових сигналу, що передається, які лежать в смузі пропускання приймача. Різниця значень ємності між кожною входною клемою приймача і «землею», що складає всього лише кілька пікофарад, може привести до значної асиметрії каналу, якщо приймач має смугу пропускання порядку сотень МГц.

Наприклад, для 10 приймачів, підключених до кабелю, хвильовий опір якого складає 120 Ом, наявність різниці ємностей між входними клемми кожного з них і «землею», що дорівнює 10 пФ, призведе до асиметрії каналу на частоті 10 МГц, що становить близько 10 дБ. На більш високих частотах (наприклад, 50 МГц) конфігурація системи буде аналогічна однопроводній із загальним зворотним проводом, яка лежить в основі інтерфейсу RS-232.

У зв'язку з викладеним рекомендується використовувати екрановані виту пару, що забезпечує як симетрію лінії зв'язку, так і підвищення стійкості до електромагнітних перешкод.

### 3.18 Додаткові вимоги до реалізації заземлення

Для правильного функціонування ланцюгів формувача і приймача при обміні даними блоки інтерфейсу RS-485 повинні мати шлях повернення сигналу між ланцюгами заземлення на приймальній і передавальній стороні. Ланцюг заземлення може бути виконаний шляхом безпосереднього приєднання загальних провідників кожного пристрою до точок, які мають нульовий потенціал. Зазначений спосіб рекомендовано використовувати тільки при гарантованій рівності потенціалів «землі» в місцях розміщення блоків RS-485. Крім того, ланцюг заземлення може бути реалізований за допомогою дренажного провідника, який є всередині кабелю передачі даних (рис. 3.43).

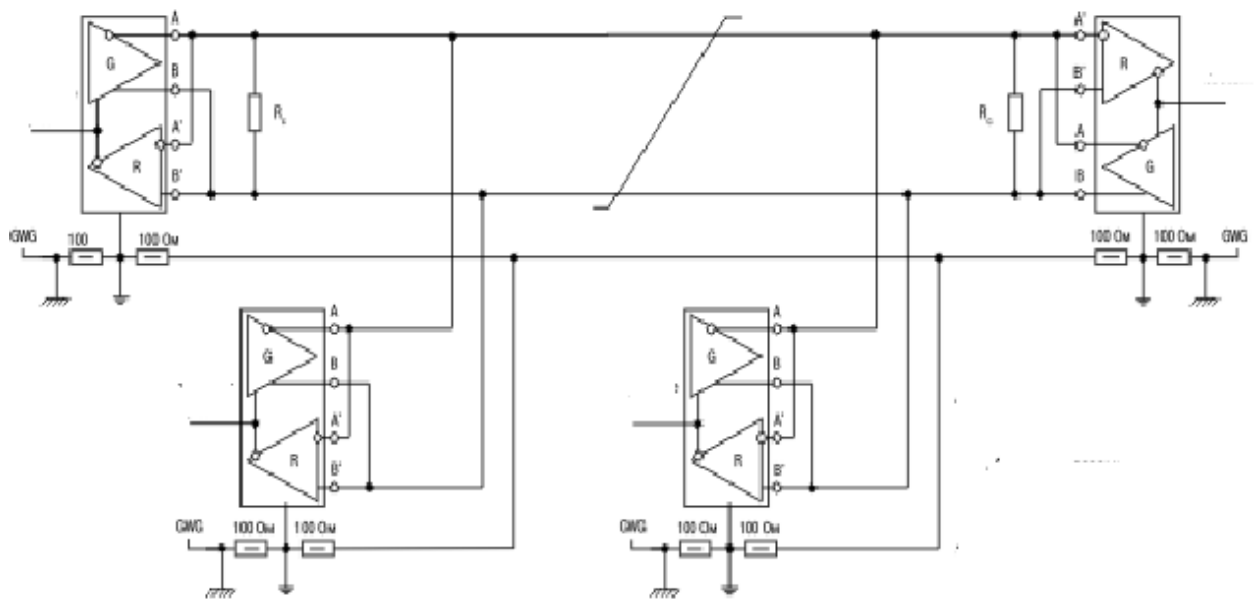


Рисунок 3.43 – Реалізація ланцюгів заземлення за допомогою дренажного провідника

При реалізації ланцюга сигнального заземлення способом з'єднання третього (дренажного) провідника з сигнальним загальним проводом кожного пристрою має бути виконано через резистор опору, наприклад 100 Ом, який призначений для обмеження «блукуючих» струмів.

У ряді випадків для підвищення стійкості до перешкод застосовується екранований кабель передачі даних. При його використанні екран повинен бути з'єднаний з корпусом обладнання тільки в одній з двох найбільш віддалених точок розміщення технічних засобів системи. Реалізація такого варіанту допустима лише при гарантованій рівності потенціалів «землі» в місцях розміщення одиниць обладнання системи. Вимоги до засобів приєднання екрану кабелю стандартом EIA RS-485 не встановлюються.

### **3.19 Дослідження конфліктних ситуацій**

Якщо до лінії зв'язку підключені два формувача або більше, то можлива ситуація їх одночасного переходу в активний стан. У разі, коли один формувач в активному стані є джерелом, а другий – споживачем струму, може статися надмірний розігрів компонентів вихідних каскадів формувачів. Подібна ситуація є конфліктною.

Оскільки вимоги до системи можуть зумовлювати можливість одночасного переходу в активний стан більш ніж одного формувача, умови випробувань згідно стандарту EIA RS-485 встановлені з урахуванням обмеження максимальної потужності, що розсіюється компонентами вихідного каскаду формувачів.

Конфліктні ситуації можуть виникати з таких причин.

1. Включення живлення системи. При включенні живлення системи або при повторному включенні після короткочасного відключення кілька формувачів (або всі) в процесі ініціалізації можуть перебувати в активному стані.

2. Несправність системи. Виникнення несправності системи або збій програмного забезпечення можуть призвести до переведення кількох формувачів в активний стан.

3. Використання протоколу обміну, допускає здійснення спроб одночасного доступу до каналу зв'язку з боку декількох пристроїв. Деякі протоколи обміну можуть містити процедури доступу до каналу зв'язку, що передбачають переклад кількох формувачів в активний стан на короткі проміжки часу. Однак, в кінцевому рахунку, канал надається одному пристрою, що забезпечує вирішення конфліктної ситуації.

Механізми виникнення несправності формувача наступні.

На рис. 3.44 показана конфліктна ситуація, викликана активізацією двох формувачів.

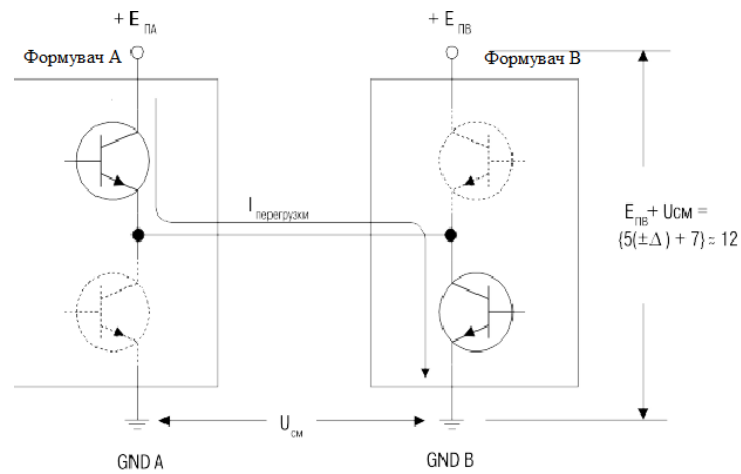


Рисунок 3.44 – Конфліктна ситуація, що викликана активізацією двох формувачів

На рис. 3.44 вихідні ланцюги двох формувачів приєднані до загальної лінії зв'язку. Струм короткого замикання буде протікати через відкрите верхнє плече формувача А і відкрите нижнє плече формувача В. При наявності різниці потенціалів між «землями» формувачів, що лежить в діапазоні від  $-7$  до  $+7$  В, потужність, що розсіюється формувачем А, може перевищити гранично допустиме значення.

Наприклад, якщо гранично допустимий струм навантаження формувача А становить  $250$  мА, а різниця потенціалів між землями формувачів  $-7$  В, то потужність розсіювання становитиме близько  $3$  Вт.

Ситуація, коли декілька формувачів навантажено на один, наведена на рис. 3.45.

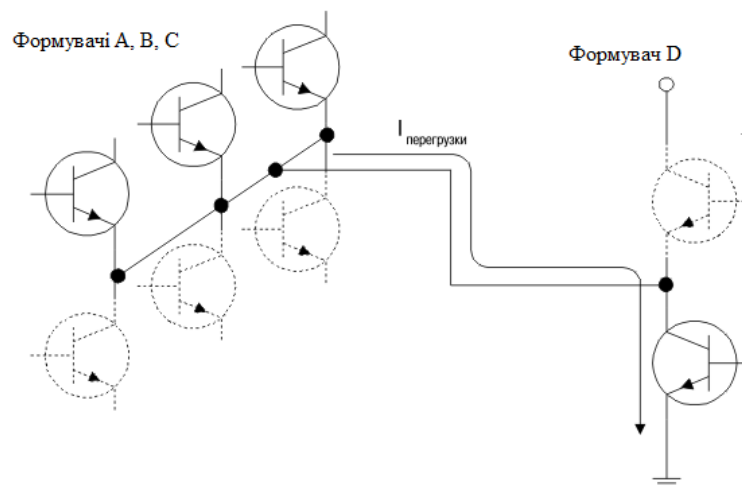


Рисунок 3.45 – Конфліктна ситуація, що викликана активізацією декількох формувачів

По нижньому плечу формувача D протікає сумарний струм від формувачів A, B, C, що може привести до його виходу з ладу за рахунок збільшення напруги насичення (колектор-емітер) і відповідного зростання потужності, що розсіюється.

Таким чином, формувач повинен бути оснащений засобами захисту, що запобігають вихід з ладу по описаним раніше причин.

Найбільш очевидними рішеннями зазначеного завдання є:

- запровадження елементів обмеження струму;
- реалізація теплового захисту формувача.

При використанні обмежувачів струму зменшується потужність розсіювання і після вирішення конфліктної ситуації працездатність пристрою миттєво відновлюється. У разі ж застосування теплового захисту при її спрацьовуванні час відновлення формувача значно зростає. Таким чином, переважно реалізовувати тепловий захист таким чином, щоб його поріг спрацьовування був близький до гранично допустимого значення струму, що протікає по ланцюгах вихідного каскаду формувача. Спільно з тепловим захистом рекомендується в вихідних ланцюгах формувача встановлювати елементи обмеження струму, функція яких полягає в зниженні потужності, що розсіюється при протіканні струму, який незначно перевищує номінальний.

Конфліктні ситуації, що супроводжуються протіканням по лінії великого струму, призводять до того, що в лінії зв'язку запасається реактивна енергія. При різкому зниженні струму відбувається сплеск напруги, інтенсивність якого визначається формулою:

$$U = I_{кз} \cdot Z_k / 2, \quad (3.12)$$

де  $U$  – амплітуда сплеску напруги;

$I_{кз}$  – сумарний струм короткого замикання, що протікав в лінії при конфліктній ситуації;

$Z_k$  – хвильовий опір лінії зв'язку.

Розробник системи передачі інформації по послідовним каналам зв'язку повинен передбачати можливість виникнення сплесків напруги, амплітуда яких істотно перевищує встановлений стандартом значення (25 В), оскільки і кабельна система має обмеження 24 В. Зазначені сплески можуть бути викликані короткочасними потужними перешкодами, що виникають при комутації силового обладнання, а також атмосферними розрядами. Схема підключення пристрою придушення імпульсних перешкод показана на рис. 3.46.



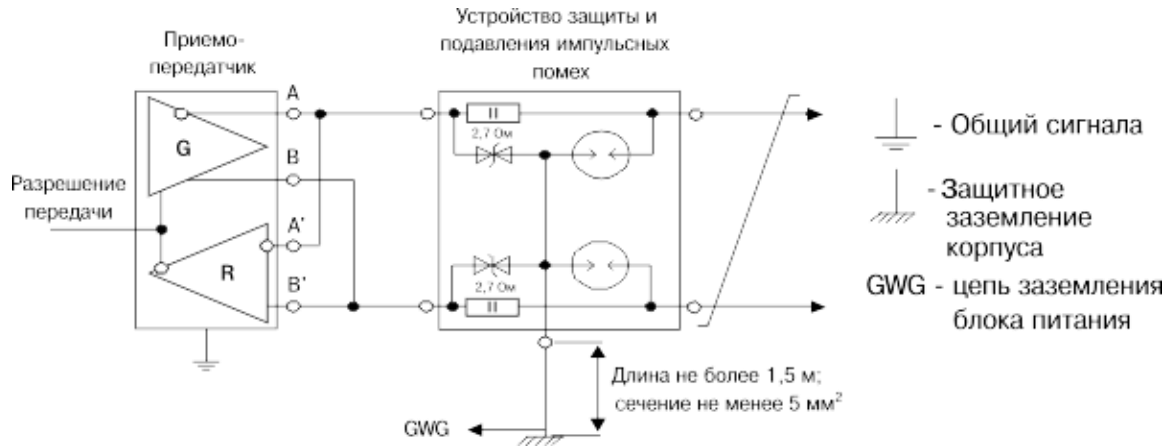


Рисунок 3.46 – Схема підключення пристрою придушення імпульсних перешкод

При реалізації зовнішніх ланцюгів захисту приймачів-передавачів слід враховувати той факт, що кожний встановлений пристрій придушення викидів напруги в лінії зв'язку вносить ємність, еквівалентну ємності кабелю довжиною близько 120 м.

### 3.20 Висновки до розділу 3

У третьому розділі магістерської роботи проведено дослідження надійності передачі інформації на базі двоканального контролера інтерфейсу RS-485.

З метою дослідження впливу перешкод на роботу гальванічно-розв'язаної вихідної частини блоку проведено дослідження конвертора напруги MAX253 фірми Maxim. В результаті дослідження для зменшення впливу перешкод загального вигляду та синфазних перешкод, що впливають на роботу конвертора, запропоновано використання поздовжніх трансформаторів.

У якості центрального модуля для системи передачі та обробки інформації обрано контролер Fastwel I/O. З метою розроблення двоканального блоку введення-виведення для контролера Fastwel I/O розглянуті його функції, структура апаратних засобів та програмного забезпечення.

При розробленні апаратної частини двоканального блоку введення-виведення використана сучасна елементна база таких відомих світових лідерів як Texas Instruments, Maxim, Atmel, Standard Microsystems.

Так при розробленні інтерфейсної частини при застосуванні програмованої логічної мікросхеми фірми Atmel вдалося значно скоротити кількість мікросхем та формування сигналів керування блоком.

Серед методів боротьби з перешкодами та збоями при передачі даних необхідно використання резисторів для узгодження опору лінії. Для зменшення синфазної складової виходу пропонується застосувати дільник на виході передавача/приймача.

Запропоновані методи боротьби з розсинхронізацією та перенапруги збільшують контроль достовірності при передачі кадрів по лінії передачі в напівдуплексному режимі.

У якості додаткових заходів вищенаведених перешкод запропоновано використання у вихідній частині блоку оптронної розв'язки, а в лінії передачі – індуктивного фільтру.

Проведено дослідження залежності швидкості передачі від довжини кабелю в мережі RS-485. Наведена методика розрахунку при виборі кабелю, що дала можливість визначити залежність рівня спотворень сигналу на вході приймача від мінімальної напруги сигналу на його вході і від відношення тривалості переднього фронту до тривалості інформаційного біта.

Проведено дослідження електромагнітних перешкод і симетрії параметрів каналу зв'язку, визначені додаткові вимоги до реалізації заземлення.

Проведено дослідження конфліктних ситуацій при підключенні двох формувачів або більше при їх одночасному переході в активний стан.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1. Загальні питання з охорони праці

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці. В [29] визначається, що охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Завданням даної магістерської роботи було дослідити методи побудови тестів в системах діагностики комп'ютерних систем.. Дана робота з точки зору питань з охорони праці проводилась в офісному приміщенні при нормальних кліматичних умовах з використанням сучасного персонального комп'ютера та офісної техніки (принтера та сканера).

При роботі з обчислювальною технікою змінюються фізичні і хімічні фактори навколишнього середовища: виникає статична електрика, електромагнітне випромінювання, змінюється температура і вологість, рівень вміст кисню і озону в повітрі. Повітря забруднюється шкідливими хімічними речовинами антропогенного походження за рахунок деструкції полімерних матеріалів, які використовуються для обробки приміщень та обладнання. Неправильна організація робочого місця сприяє загальному і локальній напрузі м'язів шиї, тулуба, верхніх кінцівок, викривлення хребта і розвитку остеохондрозу. На всіх підприємствах, в установах, організаціях повинні створюватися безпечні і нешкідливі умови праці. Забезпечення цих умов покладається на власника або уповноважений ним орган (далі роботодавець). Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці. Роботодавець повинен впроваджувати сучасні засоби техніки безпеки, які запобігають виробничому травматизмові, і забезпечувати санітарно-гігієнічні умови, що запобігають виникненню професійних захворювань працівників. Він не має права вимагати від працівника виконання роботи, поєданої з явною небезпекою для життя, а також в умовах, що не відповідають законодавству про охорону праці. Працівник має

право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або людей, які його оточують, і навколишнього середовища.

#### **4.1.1 Правові та організаційні основи охорони праці**

Основним організаційним напрямом у здійсненні управління в сфері охорони праці є усвідомлення пріоритету безпеки праці і підвищення соціальної відповідальності держави, і особистої відповідальності працівників.

Державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України і спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням. Відповідно до статті 3 [29] законодавство про охорону праці складається з [30, 31] та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів, норм міжнародного договору (ратифіковані Конвенції і Рекомендації МОТ, директиви Європейської Ради).

На законодавчому рівні визначено такі пріоритетні напрямки з безпеки праці:

- кожен працівник несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених Законом, нормами і правилами вимог;
- напрямки реалізації конституційного права громадян на їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності:
- пріоритет життя і здоров'я працівників по відношенню до результатів виробничої діяльності підприємства;
- повна відповідальність роботодавця за створення належних – безпечних і здорових умов праці;
- соціальний захист працівників, повне відшкодування збитків особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- комплексне розв'язання завдань охорони праці;
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництва, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;
- соціальний захист працівників, повне відшкодування збитків особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- використання економічних методів управління охороною праці, участь держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці;
- використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародної співпраці.

Користувачі персональних комп'ютерів, для яких ця робота є головною, підлягають медичним оглядам: попереднім — під час влаштування на роботу і періодичним — протягом професійної діяльності раз на два роки. Жінок з часу встановлення вагітності та в період годування дитини грудьми до роботи з ПК не допускають.

Обов'язки працівників щодо додержання вимог нормативно-правових актів з охорони праці (ст. 14), відповідальність робітників всіх категорій за порушення вимог щодо охорони праці (ст. 44) та структура організації/виробництва системи управління охорони праці визначені безпосередньо «Інструкцією на робоче місце № 1», та іншими затвердженими власними нормативними актами з питань охорони праці (правилами, нормами, регламентами, положеннями, стандартами, інструкціями та іншими документами, обов'язковими до виконання), тобто тих, що діють на підприємстві/організації, і визначені в [32].

Наявні трудові відносини між працівниками і роботодавцями в Україні за темою роботи регулюються [30], відповідно до якого права працюючої людини на охорону праці охороняються всебічно та норми охорони праці неухильно інтегровані до правил внутрішнього розпорядку організації/підприємства.

#### **4.1.2 Організаційно-технічні заходи з безпеки праці**

В організації/підприємстві проводиться навчання і перевірка знань з питань охорони праці відповідно до вимог [33], затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці України від 26.01.2005 N 15, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 15.02.2005 за N 231/10511.

Також впроваджені організаційні заходи з пожежної безпеки - навчання і перевірку знань відповідно до вимог [34], затвердженого наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 29.09.2003 N 368, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 11.12.2003 за N 1148/8469.

Обов'язковими вимогами враховане наступне:

—не слід допускати до роботи осіб, що в установленому порядку не пройшли навчання, інструктаж та перевірку знань з охорони праці, пожежної безпеки та цих Правил.

—на підприємстві/організації, де експлуатуються ПК з ВДТ і ПП, розробляється інструкція з охорони праці відповідно до [35], затвердженого наказом

Держнаглядохоронпраці від 29.01.98 N 9, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 07.04.98 за N 226/2666.

– ознайомлення з правилами безпеки праці, одержання відповідних інструктажів засвідчується у журналі інструктажів.

– перед допуском до самостійної роботи кожен працівник має право на навчання з питань охорони праці і роботодавець зобов'язаний, і проводить таке навчання у вигляді двох інструктажів з питань охорони праці:

1. Вступного, який проводять працівники служби охорони праці об'єкта господарювання з усіма працівниками, яких приймають на роботу незалежно від їхньої освіти та стажу роботи за програмою, в якій подають загальні питання охорони праці із врахуванням її особливостей на об'єкті господарювання;

2. Первинного, який проводять керівники структурних підрозділів на місці праці з кожним працівником до початку їхньої роботи на цьому робочому місці.

Проходження працівником цих інструктажів з питань охорони праці підтверджується записами у відповідних журналах обліку інструктажів і скріплюється підписами осіб, які проводили інструктажі та осіб, які отримали інструктажі.

3. Повторний (не рідше одного разу в 6 місяців);

4. Позаплановий (при зміні правил охорони праці);

5. Поточний (проводять з працівниками перед виконанням робіт, на яких оформляється наряд-допуск)

– обов'язкові організаційні заходи перед початком, під час і після завершення роботи повинні включати перевірку (візуально) наявності і справності електрообладнання та його заземлення, а під час виконання роботи вимогу «не залишати без нагляду обладнання, яке працює». Після закінчення роботи - вимагається прибирання робочого місця, відключення всіх електроприладів від електромережі.

Не допускається:

– виконувати обслуговування, ремонт та налагодження ПК з ВДТ і ПП безпосередньо на робочому місці оператора;

– зберігати біля ПК з ВДТ і ПП папір, дискети, інші носії інформації, запасні блоки, деталі тощо, якщо вони не використовуються для поточної роботи;

– відключати захисні пристрої, самочинно проводити зміни у конструкції та складі ПК з ВДТ і ПП або їх технічне налагодження;

– працювати з ВДТ, у яких під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані тощо;

–працювати з матричним принтером за відсутності вібраційного килимка та зі знятою (піднятою) верхньою кришкою.

## 4.2 Аналіз стану умов праці

### 4.2.1 Вимоги до приміщень

Робота над створенням такої системи проходитиме в приміщенні відповідної установи (компанії, підприємстві тощо). Для даної роботи достатньо однієї людини, для якої надано робоче місце зі стаціонарним комп'ютером. ГПКетричні розміри приміщення зазначені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Розміри приміщення

Найменування	Значення
Довжина, м	5
Ширина, м	5
Висота, м	3
Площа, м <sup>2</sup>	25
Об'єм, м <sup>3</sup>	75

Згідно з [36] розмір площі для одного робочого місця оператора персонального комп'ютера має бути не менше 6 кв. м, а об'єм — не менше 20 куб. м. Отже, дане приміщення цілком відповідає зазначеним нормам. Для зручності спільної роботи з іншими працівниками (обговорення ідей, з'ясування проблем і т.д.) в кімнаті є дивани і журнальний стіл, обставлені живими квітами. Також робочий процес пов'язаний з багатьма документами, теками, журналами для чого приміщення облаштоване принтером і шафою для зручності. Задля дотримання визначеного рівня мікроклімату в будівлі встановлено систему опалення та кондиціонування. Для забезпечення потрібного рівного освітленості кімната має вікно та систему загального рівномірного освітлення, що встановлена на стелі. Для дотримання вимог пожежної безпеки встановлено порошковий вогнегасник та систему автоматичної пожежної сигналізації.

#### 4.2.2 Вимоги до організації місця праці

При порівнянні відповідності характеристик робочого місця нормативним основні вимоги до організації робочого місця [37] і відповідними фактичними значеннями для робочого місця, констатуємо повну відповідність в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Характеристики робочого місця

Найменування параметра	Фактичне значення	Нормативне значення
Висота робочої поверхні, мм	750	680 ÷ 800
Висота простору для ніг, мм	730	не менше 600
Ширина простору для ніг, мм	660	не менше 500
Глибина простору для ніг, мм	700	не менше 650
Висота поверхні сидіння, мм	470	400 ÷ 500
Ширина сидіння, мм	400	не менше 400
Глибина сидіння, мм	400	не менше 400
Висота поверхні спинки, мм	600	не менше 300
Ширина опорної поверхні спинки, мм	500	не менше 380
Радіус кривини спинки в горизонтальній площині, мм	400	400
Відстань від очей до екрану дисплея, мм	800	700 ÷ 800

Робочий стіл на досліджуваному місці також містить достатньо простору для ніг. Крісло, що використовується в якості робочого сидіння, є підйомно-поворотним, має підлокітники і можливість регулювання за висотою і кутом нахилу спинки, також воно м'яке і виконане з екологічної шкіри, що дає можливість працювати у комфорті. Екран монітору знаходиться на відстані 0.8 м, клавіатура має можливість регулювання кута нахилу 5-15°. Отже, за всіма параметрами робоче місце відповідає нормативним вимогам.

Приміщення кабінету знаходиться на другому поверсі трьох поверхової будівлі і має об'єм 78 м<sup>3</sup>, площу — 18 м<sup>2</sup>. У цьому кабінеті обладнано три місця праці, з яких два укомплектовані ПК.



Температура в приміщенні протягом року коливається у межах 18–24°C, відносна вологість — близько 50%. Швидкість руху повітря не перевищує 0,2 м/с. Шум на робочому місці знаходиться на рівні 50 дБА. Система вентилявання приміщення — природна неорганізована, а опалення — централізоване.

Розміщення вікон забезпечує природне освітлення з коефіцієнтом природного освітлення не менше 1,5%, а загальне штучне освітлення, яке здійснюється за допомогою восьми люмінесцентних ламп, забезпечує рівень освітленості не менше 200 Лк.

У кабінеті є електрична мережа з напругою 220 В, яка створює небезпеку ураження електричним струмом. ПК та периферійні пристрої можуть бути джерелами електромагнітних випромінювань, аерозолів та шкідливих речовин (часток тонеру, оксидів нітрогену та озону).

За ступенем пожежної безпеки приміщення належить до категорії В. Кабінет має бути оснащений переносним вуглекислотним вогнегасником ВВК-5.

Наявна аптечка для надання долікарської допомоги, а також у кабінеті роблять вологе прибирання та щоденно провітрюють приміщення.

#### **4.2.3 Навантаження та напруженість процесу праці**

Як приклад наведено опис процесу праці оформлення роботи під час виконання магістерської роботи за фізичним навантаженням робота відноситься до категорії легкі роботи (Ia), її виконують сидячи з періодичним ходінням. Щодо характеру організації роботи, то розділи роботи необхідно виконати у встановлені конкретні терміни. За ступенем нервово-психічної напруги виконання роботи можна віднести до II – III ступеня і кваліфікувати як помірно напружений – напружений за умови успішного виконання поставлених завдань.

Під час виконання робіт використовують ПК та периферійні пристрої, що призводить до навантаження на окремі системи організму. Такі перекося у напруженні різних систем організму, що трапляються під час роботи з ПК, зокрема, значна напруженість зорового аналізатора і довготривале малорухоме положення перед екраном, не тільки не зменшують загального напруження, а навпаки, призводять до його посилення і появи стресових реакцій.

Найбільшому ризику виникнення різноманітних порушень піддаються: органи зору, м'язово скелетна система, нервово-психічна діяльність, репродуктивна функція у жінок.

Тобто наявне психофізіологічні небезпечні та шкідливі фактори:

- а) фізичного перевантаження:

- статичного;
- динамічного;
- б) нервово-психічного перевантаження:
  - розумового перенапруження;
  - монотонності праці;
  - перенапруження аналізаторів;
  - емоційних перевантажень.

Роботу за дипломним проектом визнано, таку, що займає 50% часу робочого дня та за восьмигодинної робочої зміни рекомендовано встановити додаткові регламентовані перерви:

- для розробників програм тривалістю 15 хв. через кожну годину роботи.

### **4.3 Виробнича санітарія**

На підставі аналізу небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації), пожежної безпеки можуть бути надалі вирішені питання необхідності забезпечення працюючих достатньою кількістю освітлення, вентиляції повітря, організації заземлення, тощо.

#### **4.3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при роботі на ПК**

Роботу, пов'язану з персональним комп'ютером (далі - ПК) з відео дисплейними терміналами (далі - ВДТ), у тому числі на тих, які мають робочі місця, обладнані ПК з ВДТ і периферійними пристроями (далі - ПП), виконують із забезпеченням виконання [38], які встановлюють вимоги безпеки до обладнання робочих місць, до роботи із застосуванням ПК з ВДТ і ПП. Переважно роботи за проектами виконують у кабінетах чи інших приміщеннях, де використовують різноманітне електрообладнання, зокрема персональні комп'ютери (ПК) та периферійні пристрої.

Робочі місця мають відповідати вимогам [37, 38].

Це передбачає, що визначена виробнича діяльність пов'язана з наявністю певної кількості небезпечних та/або шкідливих виробничих факторів. Тому у першій частині цього підрозділу за результатами аналізу повинні бути визначені такі фактори.

Робота ПК та периферійних пристроїв супроводжує виділення багатьох хімічних речовин, зокрема озону, оксидів нітрогену та аерозолів (високодисперсних частинок тонера). Для прикладу, за умов роботи з ПК виникають наступні небезпечні та шкідливі

чинники: несприятливі мікрокліматичні умови, освітлення, електромагнітні випромінювання, забруднення повітря шкідливими речовинами (джерелом яких може бути принтер, сканер та ін.), шум, вібрація, електричний струм, електростатичне поле, напруженість трудового процесу та інше.

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів виконується у табличній формі (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 - Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісна оцінка	Нормативні документи
1	2	3	4
<b><i>фізичні</i></b>			
- підвищена температура поверхонь обладнання	Експлуатація ПК	2	ДСН 3.3.6.042-99
- підвищений рівень шуму на робочому місці	Система охолодження ПК	2	ДСН 3.3.6.037-99
- підвищений рівень вібрації	Система охолодження ПК, привід	2	ДСН 3.3.6.039-99 ДСТУ ГОСТ 12.1.012-90
- недостатність природного світла	Порушення умов праці (вимог до приміщень)	2	ДБН В.2.5-28:2015
- недостатнє освітлення робочої зони	Порушення гігієнічних параметрів виробничого середовища	3	ДБН В.2.5-28:2015
- підвищена яскравість світла	Порушення умов праці (організації місця праці-налагодження моніторів)	1	ДСанПіН 3.3.2.007-98
<b><i>психофізіологічні:</i></b>			
- нервово-психічна перевантаження (розумове, перенапруження)	- пошук інформації для постановки теми; - пошук та аналіз аналогів і літератури;	4	НПАОП 0.00-1.28-10 ДСанПіН 3.3.2.007-98

аналізаторів-зорових)	- пошук наявних технологій, моделювання та аналіз алгоритмів; - виконання роботи за темою диплома, тестування; - оформлення роботи		
- фізичні (статичне – сидіння)	порушення умов праці (організації місця праці-сидіння користувача, ) та організації робочого часу - безпервна робота)	2	НПАОП 0.00-1.28-10 ДСанПіН 3.3.2.007-98

#### 4.3.2 Пожежна безпека

Небезпека розвитку пожежі на обчислювальному центрі обумовлюється застосуванням розгалужених систем електроживлення ПК, вентиляції і кондиціонування. Небезпека загоряння пов'язана з особливістю комп'ютерів - із значною кількістю щільно розташованих на монтажній платі і блоках електронних вузлів і схем, електричних і комутаційних кабелів, резисторів, конденсаторів, напівпровідникових діодів і транзисторів. Надійна робота окремих елементів і мікросхем в цілому забезпечується тільки в певних інтервалах температури, вологості і при заданих електричних параметрах. При відхиленні реальних умов експлуатації від розрахункових можуть виникнути пожежонебезпечні ситуації.

Висока щільність елементів в електронних схемах призводить до значного підвищення температури окремих вузлів (80...100 °С). При проходженні електричного струму по провідниках і деталей виділяється тепло, що в умовах їх високої щільності може привести до перегріву, і може служити причиною запалювання ізоляційних матеріалів. Слабкий опір ізоляційних матеріалів дії температури може викликати порушення ізоляції і привести до короткого замикання між струмоведучими частинами обладнання (шини, електроди). Також ймовірна небезпека внаслідок перевантаження напруги, розрядки зарядів статичної електрики, пошкодження обладнання та електропроводки. Електростатичний розряд виникає під час тертя двох ізольованих матеріалів.

Пожежна безпека при застосуванні ПК забезпечується:

– системою запобігання пожежі,

- системою протипожежного захисту,
- організаційно-технічними заходами.

Згідно [39] таке приміщення, площею 25 м<sup>2</sup>, відноситься до категорії "В" (пожежонебезпечної) та для протипожежного захисту в ньому проектом передбачено устаткування автоматичною пожежною сигналізацією із застосуванням датчиків-сповіщувачів РІД-1 (сповіщувач димовий ізоляційний) в кількості 1 шт., і застосуванням первинних засобів пожежогасіння. Відповідно до норм первинних засобів пожежогасіння пропонується використовувати:

- ручний вуглекислий вогнегасник ОУ-5 в кількості 1 шт. або хімічний пінний ОХП-10 – 1 шт;
- покрив 1 1 м<sup>2</sup>, кошму 2×1,5 м<sup>2</sup> або азбестове полотно 2×2 м<sup>2</sup> в кількості 1 шт.

Виникнення пожежі можливе, якщо на об'єкті є горючі речовини, окислювач і джерела запалювання. Вірогідність пожежної небезпеки приймається значною, якщо ймовірна взаємодія цих трьох чинників. Горючими компонентами є: будівельні матеріали для акустичної і естетичної обробки приміщень, перегородки, підлоги, двері, ізоляція силових, сигнальних кабелів і т.д.

Горючими матеріалами в приміщенні, де розташовані ПК, є:

- поліамід – матеріал корпусу мікросхем, горюча речовина, температура самозаймання 420 °С,
- полівінілхлорид – ізоляційний матеріал, горюча речовина, температура запалювання 335 °С, температура самозаймання 530 °С,
- склотекстоліт ДЦ – матеріал друкарських плат, важкогорючий матеріал, показник горючості 1.74, не схильний до температурного самозаймання,
- пластикат кабельний №.489 – матеріал ізоляції кабелів, горючий матеріал, показник горючості більше 2.1,
- деревина – будівельний і обробний матеріал, з якого виготовлені меблі, горючий матеріал, показник горючості більше 2.1, температура запалювання 255 °С, температура самозаймання 399 °С.

Для відводу теплоти від ПК діє система кондиціонування. Тому кисень, як окиснювач процесів горіння, є в будь-якій точці приміщень ВЦ.

Простори усередині приміщень в межах, яких можуть утворюватися або знаходиться пожежонебезпечні речовини і матеріали відповідно [39] відносяться до пожежонебезпечної зони класу П-Па. Це обумовлено тим, що в приміщенні знаходяться тверді горючі та важкозаймісті речовини та матеріали. Приміщенню, у якому розташоване робоче місце, присвоюється II ступень вогнестійкості.

Потенційними джерелами запалювання можуть бути:

- іскри і дуги короткого замикання;
- електрична іскра при замиканні і розмиканні ланцюгів;
- перегрів від тривалого перевантаження,
- відкритий вогонь і продукти горіння,
- наявність речовин, нагрітих вище за температуру самозаймання,
- розрядна статична електрика.

Причинами можливого загоряння і пожежі можуть бути:

- несправність електроустановки;
- конструктивні недоліки устаткування;
- коротке замикання в електричних мережах;
- запалювання горючих матеріалів, що знаходяться в безпосередній близькості від електроустановки.

Продуктами згорання, що виділяються на пожежі, є: окис вуглецю; сірчистий газ; окис азоту; синильна кислота; акромін; фосген; хлор і ін. При горінні пластмас, окрім звичних продуктів згорання, виділяються різні продукти термічного розкладання: хлорангідридні кислоти, формальдегіди, хлористий водень, фосген, синильна кислота, аміак, фенол, ацетон, стирол [40].

Для захисту персоналу від дії небезпечних і шкідливих чинників пожежі проектом передбачається застосування промислового протигазу, що фільтрує, з коробкою марки «В» із сірою відміткою забарвлення – захист від неорганічних газів (хлор, фтор, бром, сірководень, сірковуглець, хлорціан, галогени), а цей фільтр не захистить від СО (тобто від чадного газу).

Можливе також відповідне застосування фільтрувальної коробки з маркуванням «СО» із фіолетовим забарвленням на фільтрі означає, що він захищає від Чадного газу. Або фільтру для протигазу з літерним маркуванням «SX» із фіолетовим забарвленням захистить від спец речовин таких як (зарин, зоман та фосген).

### 4.3.3 Електробезпека

На робочому місці виконуються наступні вимоги електробезпеки: ПК, периферійні пристрої та устаткування для обслуговування, електропроводи і кабелі за виконанням та ступенем захисту відповідають класу зони за ПУЕ (правила улаштування електроустановок), мають апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв і

устаткування для обслуговування, виконана як окрема групова три-провідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Електромережа штепсельних розеток для живлення персональних ПК, укладено по підлозі поруч зі стінами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. Металеві труби та гнучкі металеві рукави заземлені. Захисне заземлення включає в себе заземлюючих пристроїв і провідник, який з'єднує заземлюючий пристрій з обладнанням, яке заземлюється - заземлюючий провідник.

#### 4.4 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища

##### 4.4.1 Мікроклімат

Мікроклімат робочих приміщень – це клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючої на організм людини з'єднанням температури, вологості, швидкості переміщення повітря. В даному приміщенні проводяться роботи, що виконуються сидячи і не потребують динамічного фізичного напруження, то для нього відповідає категорія робіт Ia. Отже оптимальні значення для температури, відносної вологості й рухливості повітря для зазначеного робочого місця відповідають [41] і наведені в таблиці 4.4:

Таблиця 4.4 – Норми мікроклімату робочої зони об'єкту

Період року	Категорія робіт	Температура С <sup>0</sup>	Відносна вологість %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	легка-1 а	22 - 24	40 – 60	0,1
Тепла	легка-1 а	23 - 25	40 – 60	0,1

Дане приміщення обладнане системами опалення, кондиціонування повітря або припливно-витяжною вентиляцією. У приміщенні на робочому місці забезпечуються оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря у відповідності [41]. Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі мають відповідати [41]. Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в

приміщенні проводяться перерви в роботі користувача, з метою його провітрювання. Існують спеціальні системи кондиціонування, які забезпечують підтримання в приміщенні балансу оптимальних параметрів мікроклімату. Контроль параметрів мікроклімату в холодний і теплий період року здійснюється не менше 3-х разів на зміну (на початку, середині, в кінці).

#### 4.4.2 Освітлення

Світло є природною умовою існування людини. Воно впливає на стан вищих психічних функцій і фізіологічні процеси в організмі. Хороше освітлення діє тонізуюче, створює гарний настрій, покращує протікання основних процесів вищої нервової діяльності.

Збільшення освітленості сприяє поліпшенню працездатності навіть в тих випадках, коли процес праці практично не залежить від зорового сприйняття. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, виникає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків.

Освітленість приміщення має велике значення при роботі на ППК. Вона багато в чому визначається колірною і мережевий обстановкою. Для зменшеного поглинання світла стеля і стіни вище панелей (1,5-1,7м.). Якщо вони не облицьовані звукопоглинальним матеріалом, фарбуються білою водоемульсійною фарбою (коефіцієнт відбиття повинен бути не менше 0,7). Для забарвлення стіни панелей рекомендується віддавати перевагу світлим фарбам.

Основний потік природного світла при цій повинен бути зліва. Не допускається спрямування основного світлового потоку природного світла праворуч, ззаду і спереду працівника на ППК.

Робота на ППК може здійснюватися за таких видах освітлення:

–загальному штучному освітленні, коли відео монітори розташовуються по периметру приміщення або при центральному розташуванні робочих місць у два ряди по довжині кімнати з екранами, звернені в протилежні сторони;

–суміщене освітлення (природне + штучне) тільки при одному і трьох рядном розташуванні робочих місць, коли екран і поверхню робочого столу знаходяться перпендикулярно світла несучій стіні. При цьому штучне освітлення буде виконане стельовими або підвісними люмінесцентними світильниками, рівномірно розміщеними по стелі рядами паралельно світловим прорізам так, щоб екран відео монітора знаходився в зоні захисного кута світильника, і його проекції не доводилися на екран. Працюючі на



ППК не повинні бачити відображення світильників на екрані. Застосовувати місцеве освітлення при роботі на ППК не рекомендується.

Природне освітлення, коли робочі місця з ППК розташовуються в один ряд по довжині приміщення на відстані 0,8 - 1,0 м від стіни з віконними прорізами, і екрани знаходяться перпендикулярно цієї стіни. Основний потік природного світла при цій повинен бути зліва. Не допускається спрямування основного світлового потоку природного світла праворуч, ззаду і спереду працює на ППК. Оптимальна відстань очей до екрана відео монітора повинна становити 60-70 см, допустиме не менше 50 см. Розглядати інформацію ближче 50 см не рекомендується.

У проєкті, що розробляється, передбачається використовувати суміщене освітлення. У світлий час доби використовуватиметься природне освітлення приміщення через віконні отвори, в решту часу використовуватиметься штучне освітлення. Штучне освітлення створюється газорозрядними лампами.

Штучне освітлення в робочому приміщенні передбачається здійснювати з використанням люмінесцентних джерел світла в світильниках загального освітлення, оскільки люмінесцентні лампи мають високу потужність (80 Вт), тривалий термін служби (до 10000 годин), спектральний складом випромінюваного світла, близький до сонячного. При експлуатації ПК виконується зорова робота IV в розряді точності (середня точність). При цьому нормована освітленість на робочому місці ( $E_n$ ) рівна 200 лк. Джерелом природного освітлення є сонячне світло.

У приміщенні, де розташовані ПК передбачається природне бічне освітлення, рівень якого відповідає [42]. Джерелом природного освітлення є сонячне світло. Регулярно повинен проводитися контроль освітленості, який підтверджує, що рівень освітленості задовольняє [42] і для даного приміщення в світлий час доби достатньо природного освітлення.

Розрахунок освітлення.

Для будівель виробництв світловий коефіцієнт приймається в межах 1/6 - 1/10:

$$\sqrt{a^2 + b^2} \cdot S_b = (1/8 \div 1/10) \cdot S_n \quad (4.1)$$

де  $S_b$  – площа віконних прорізів, м<sup>2</sup>;

$S_n$  – площа підлоги, м<sup>2</sup>.

$$S_n = a \cdot b = 5 \cdot 5 = 25 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{вік}} = 1/8 \cdot 25 = 3,125 \text{ м}^2$$

Приймаємо 2 вікна площею  $S = 1,6 \text{ м}^2$  кожне.

Світильники загального освітлення розташовуються над робочими поверхнями в рівномірно-прямокутному порядку. Для організації освітлення в темний час доби передбачається обладнати приміщення, довжина якого складає 5 м, ширина 5 м, світильниками ЛПО2П, оснащеними лампами типа ЛБ (дві по 80 Вт) з світловим потоком 5400 лм кожна.

Розрахунок штучного освітлення виробляється по коефіцієнтах використання світлового потоку, яким визначається потік, необхідний для створення заданої освітленості при загальному рівномірному освітленні. Розрахунок кількості світильників  $N$  здійснюється по формулі:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{F \cdot U \cdot M} \quad (4.2)$$

де  $E$  – нормована освітленість робочої поверхні, визначається нормами – 300 лк;

$S$  – освітлювана площа,  $\text{м}^2$ ;  $S = 25 \text{ м}^2$ ;

$Z$  – поправочний коефіцієнт світильника (для стандартних світильників  $Z = 1.1 - 1.3$ ) приймаємо рівним 1,1;

$K$  – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації – 1,5;

$U$  – коефіцієнт використання, залежний від типу світильника, показника індексу приміщення і т.п. – 0,575

$M$  – число люмінесцентних ламп в світильнику – 2;

$F$  – світловий потік лампи – 5400 лм.

Підставивши числові значення у формулу (4.2), отримуємо:

$$n = \frac{300 \cdot 25 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{5400 \cdot 0,575 \cdot 2} \approx 2,64$$

Приймаємо освітлювальну установку, яка складається з 3-х світильників, які складаються з двох люмінесцентних ламп загальною потужністю 160 Вт, напругою – 220 В.

Потужність електроосвітлювальної установки з урахуванням місцевого освітлення визначається за формулою:

$$N = \frac{n \cdot W + (0,1 \div 0,2) \cdot n \cdot W}{1000}, \text{кВт} \quad (4.3)$$

де  $n$  – розрахункова кількість ламп для освітлення даного приміщення;

$W$  – потужність однієї лампи, Вт;

$(0,1 \div 0,2)$  – додаткова потужність для ламп місцевого освітлення, Вт.

$$N = \frac{3 \cdot 160 + 0,2 \cdot 3 \cdot 160}{1000} = 0,576 \text{ кВт}$$

#### 4.4.3 Шум та вібрація, електромагнітне випромінювання

Рівень шуму, що супроводжує роботу користувачів персональних комп'ютерів, а також зовнішніми чинниками, коливається у межах 50–65 дБА [43]. Шум такої інтенсивності на тлі високого ступеня напруженості праці негативно впливає на функціональний стан користувачів. Тому на практиці рекомендують знижувати фактичний рівень шуму у приміщеннях, де створюють комп'ютерні програми, виконують теоретичні та творчі роботи, проводять навчання до 40 дБА, а в приміщеннях, де виконують роботу, що потребує зосередженості, — до 55 дБА. У залах опрацювання інформації та комп'ютерного набору рівні шуму не повинні перевищувати 65 дБА.

Шум часто є причиною зниження рівня працездатності, підвищення рівня загальної та професійної захворюваності, частоти виробничих травм. Шум є загальнобіологічним подразником, який негативно впливає на всі органи і системи організму. У разі тривалого систематичного впливу шуму може виникнути патологія з переважним ураженням слуху, центральної нервової і серцево-судинної систем.

Для зниження шуму на шляху його поширення передбачається розміщення в приміщенні штучних поглиначів. Для зниження рівня шуму стелю або стіни вище 1.5 - 1.7 метра від підлоги повинні облицьовуватися звукопоглинальним матеріалом з максимальним коефіцієнтом звукопоглинання в області частот 63-8000 Гц. Додатковим звукопоглинанням в КВТ можуть бути фіранки, підвішені в складку на відстані 15-20 см. Від огорожі, виконані з щільної, важкої тканини. У приміщенні з ПК коректований рівень звукової потужності не перевищує 45 дБА. Оскільки рівень шуму не перевищує гранично

допустимих величин, які встановлені санітарними нормами, заходи для зниження шуму не проводяться.

Віброізоляція можливо здійснювати за допомогою спеціальної прокладки під системний блок, який послаблює передачу вібрацій робочого столу. Вібрація на робочому місці в приміщенні, що розглядається, відповідає нормам [43]. Допустимий рівень вібрацій на робочому місці: - для 1 ступеня шкідливості до 3 дБ; - для 2-3 - 1-6 дБ; - для 3 - більше 6 дБ.

Для захисту від електромагнітного випромінювання передбачаються наступні заходи:

- застосування нових плазмових моніторів,
- віддалення робочого місця не менше, ніж на 0,4 – 0,5 м, оскільки напруженість електричного поля зменшується при віддаленні від джерела поля,
- встановлення раціональних режимів роботи персоналу (обмеження часу перебування),
- раціональне розміщення в робочому приміщенні устаткування, що випромінює електромагнітну енергію.

#### **4.4.4 Вентилювання**

У приміщенні, де знаходяться ПК, повітрообмін реалізується за допомогою природної організованої вентиляції (вентиляційні шахти). Цей метод має забезпечити приток потрібної кількості свіжого повітря, що визначається [44] ( $30 \text{ м}^3$  на годину на одного працюючого).

Також має здійснюватися провітрювання приміщення, в залежності від погодних умов, тривалість повинна бути не менше 10 хв. Найкращий обмін повітря здійснюється при наскрізному провітрюванні.

#### **4.5 Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій**

Відповідно до санітарно-гігієнічних нормативів та правил експлуатації обладнання наводимо приклади деяких заходів безпеки.

Заходи безпеки під час експлуатації персонального комп'ютера та периферійних пристроїв передбачають:

- правильне організування місця праці та дотримання оптимальних режимів праці та відпочинку під час роботи з ПК;
- експлуатацію сертифікованого обладнання;
- дотримання заходів електробезпеки;
- забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату;
- забезпечення раціонального освітлення місця праці (освітленість робочого місця не перевищувала 2/3 нормальної освітленості приміщення).

Зниження рівня шуму та вібрації:

- у джерелі виникнення, шляхом застосування раціональних конструкцій, нових матеріалів і технологічних процесів;
- звукоізолювання устаткування за допомогою глушників, резонаторів, кожухів, захисних конструкцій, оздоблення стін, стелі, підлоги тощо;
- використання засобів індивідуального захисту).

Заходи безпеки під час експлуатації інших електричних приладів передбачають дотримання таких правил:

- постійно стежити за справним станом електромережі, розподільних щитків, вимикачів, штепсельних розеток, лампових патронів, а також мережевих кабелів живлення, за допомогою яких електроприлади під'єднують до електромережі;
- постійно стежити за справністю ізоляції електромережі та мережевих кабелів, не допускаючи їхньої експлуатації з пошкодженою ізоляцією;
- не тягнути за мережевий кабель, щоб витягти вилку з розетки;
- не закривати меблями, різноманітним інвентарем вимикачі, штепсельні розетки;
- не підключати одночасно декілька потужних електропристроїв до однієї розетки, що може викликати надмірне нагрівання провідників, руйнування їхньої ізоляції, розплавлення і загоряння полімерних матеріалів;
- не залишати включені електроприлади без нагляду;
- не допускати потрапляння всередину електроприладів крізь вентиляційні отвори рідин або металевих предметів, а також не закривати їх та підтримувати в належній чистоті, щоб уникнути перегрівання та займання приладу;
- не ставити на електроприлади матеріали, які можуть під дією теплоти, що виділяється, загорітися (канцелярські товари, сувенірну продукцію тощо).

## **4.6 Охорона навколишнього природного середовища**

### **4.6.1 Загальні дані з охорони навколишнього природного середовища**

Діяльність за темою магістерської роботи в процесі її виконання впливає на навколишнє природне середовище і регламентується нормами діючого законодавства [45-49].

Основним екологічним аспектом в процесі діяльності за даними спеціальностями є процеси впливу на атмосферне повітря та процеси поводження з відходами, які утворюються, збираються, розміщуються, передаються на видалення (знешкодження), утилізацію, тощо в ІТ галузі.

Немає впливу на атмосферне повітря при нормальних умовах праці, бо в приміщенні не використовуються сканери, принтери та інші джерела викиду забруднюючих речовин в повітря робочої зони.

В процесі діяльності користувача виникають процеси поводження з відходами ІТ галузі. Види відходів, утворення, яких можливо:

- відпрацьовані люмінесцентні лампи - I клас небезпеки;
- батареї та акумулятори (малі) -III клас небезпеки;
- змінні носії інформації - IV клас небезпеки;
- відпрацьований ізолюючий матеріал, дроти та кабелі - IV клас небезпеки;
- макулатура - IV клас небезпеки;
- побутові відходи - IV клас небезпеки.

### **4.6.2 Вимоги до збору, пакування та розміщення відходів ІТ галузі**

Вимоги зберігання виявлених за своєю роботою відходів визначаються відповідно [50].

Відходи в міру їх накопичення збирають у тару, відповідну класу небезпеки, з дотриманням правил безпеки, після чого доставляють до місця тимчасового зберігання відходів відповідно до затвердженої схеми їх розміщення, зазначені для зберігання відходів місця чи об'єкти повинні використовуватися лише для заявлених відходів.

Не допускається зберігання відходів у невстановлених схемою місцях, а також перевищення норм тимчасового зберігання відходів.

Способи тимчасового зберігання відходів визначаються видом, агрегатним станом і класом небезпеки відходів:

–відходи I класу небезпеки зберігаються в герметичній тарі (сталеві бочки, контейнери). У міру наповнення тару з відходами закривають герметично сталевий кришкою;

–відходи II класу небезпеки в залежності від агрегатного стану зберігаються в поліетиленових мішках, бочках, сховищах та інших видах тари, яка запобігає поширенню шкідливих речовин;

–відходи III класу небезпеки зберігаються в тарі, яка забезпечує локалізацію зберігання, дозволяє виконувати вантажно-розвантажувальні і транспортні роботи і виключає поширення в ОС шкідливих речовин;

–відходи IV класу небезпеки можуть зберігатися відкрито на промисловому майданчику у вигляді конусоподібної купи, звідки їх автотранспортом перевантажують у самоскид і доставляють на місце утилізації або захоронення;

–в разі тимчасового зберігання відходів у стаціонарних складах або промислових приміщеннях повинні бути забезпечені санітарно-гігієнічними етичними вимоги до повітря робочої зони згідно [51].

Не допускається змішування відходів різних видів і класів небезпеки з будівельними і побутовими відходами, відходами дерев'яної, металевої, синтетичної тари, відходами текстильних матеріалів (старий спецодяг, ганчірки) та інше.

Проведення заготовки, здачі, переробки та реалізації металобрухту встановлені в [51].

Особливий контроль наділяється збору і зберіганню відпрацьованих ртутьвмісних ламп (енергоощадних) як відходам I класу небезпеки, що збираються і обов'язково передаються на утилізацію підприємствам, що мають ліцензію на поводження з такими небезпечними відходами.

Всі відходи, що утворюються в процесі діяльності/роботи, підлягають обліку.

#### **4.6.3 Визначення впливу та заходів щодо поводження з відходами ІТ галузі**

З метою визначення та прогнозування впливу відходів на навколишнє середовище, своєчасного виявлення негативних наслідків, їх запобігання відповідно [52] повинен здійснюватися моніторинг місць утворення, зберігання, і видалення відходів. Відомості про місце утворення та місце розташування відходів зазначаються на «План схемі місці розміщення відходів організації / виробництва» та наводяться у таблиці 4.5, а відомості

про склад і властивості відходів, що утворюються, а також ступінь їх небезпечності для навколишнього природного середовища та здоров'я людини у таблиці 4.6.

Таблиця 4.5 Відомості про місце утворення та місце розташування відходів

Код та найменування відходів за ДК -005-96	Технологічний процес або виробництво, де утворюються відходи / клас безпеки	Місце розташування відходу, тара та її кількість, місткість, розміри у разі наявності майданчиків розташування відходів необхідно зазначити тип покриття та наявність даху)	№ на схемі (додається масштабна схема місць розміщення відходів)
7710.3.1.26 Лампи люмінесцентні, та відходи, які містять ртуть, інші зіпсовані або відпрацьовані (Відпрацьовані ртутьвмісні люмінесцентні лампи)	1	буд.4, в приміщенні кладової $S=100\text{м}^2$ , в кількість 20 од.	8401-ТХ
7720.3.1.01 Відходи комунальні (міські) змішані, у т.ч. сміття з урн (Побутові відходи)	4	зовнішній майданчик зберігання побутових відходів біля буд .4 $S=5\text{м}^2$ $V= 2,08\text{м}^3$ - 2од.	8401-ТХ
7710.3.1.01 Макулатура паперова та картонна (Макулатура)		буд .4 4 поверх в кім. 412 $S =5,0 \text{ м.}^2$	8401-ТХ
7730.3.1.02 Матеріали пакувальні	4	буд .4 контейнер $V=0,9\text{м}^3$ (3 од.)	8401-ТХ



пластмасові зіпсовані, відпрацьовані чи забруднені (Матеріали пакувальні забруднені)			
Змінні носії інформації	4	контейнер V=0,04м <sup>3</sup> (2 од.) буд .4	8401-ГХ
Батарейки та акумулятори (малі)	3	контейнер V=0,09м <sup>3</sup> (4 од.) буд .4	8401-ГХ

Таблиця 4.6 - Відомості про склад і властивості відходів, що утворюються, а також ступінь їх небезпечності для навколишнього природного середовища та здоров'я людини

Назва відходу	Клас небезпечності	Хімічний (у долях відсотків складників або інших одиницях виміру) та морфологічний склад	Фізико-хімічні властивості
2	3	4	5
Відпрацьовані люмінесцентні лампи	I	<b>Ртуть</b> - 0,013 <b>Hg</b> <b>Скло</b> - 98,787 <b>(Na, K)<sub>2</sub>O 2SiO<sub>2</sub></b> <b>Алюміній</b> - 1,2 <b>Al</b>	<b>Ртуть</b> – T <sub>кип.</sub> = 356,58°C T <sub>плав.</sub> = -38,87°C <b>Скло</b> - T <sub>плав.</sub> = 800°C <b>Алюміній</b> - T <sub>кип.</sub> = 2348°C T <sub>плав.</sub> = 660,1°C
Макулатура	IV	<b>Цинк</b> - 0,000053 – 0,000056 <b>Zn</b> <b>Свинець</b> - 0,000049 – 0,000051 <b>Pb</b> <b>Хром</b> - 0,000051 – 0,000054 <b>Cr</b>	Уривки та обрізки з паперових мішків <b>Цинк</b> T <sub>кип.</sub> = 913°C T <sub>плав.</sub> = 4,19°C <b>Свинець</b> T <sub>кип.</sub> = 1751°C

		<b>Мідь</b> - 0,000033 – 0,000035 <b>Cu</b> <b>Целюлоза</b> - 97,299814 – 96,999804 <b>(C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub></b> <b>Вода</b> - 2,7 – 3,0	$T_{\text{плав.}} = 327,3^{\circ}\text{C}$ <b>Хром</b> $T_{\text{кип.}} = 1890^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{плав.}} = 2480^{\circ}\text{C}$ <b>Мідь</b> $T_{\text{кип.}} = 2580^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{плав.}} = 1083^{\circ}\text{C}$ <b>Целюлоза</b> $T_{\text{возг. с обуглив.}} \geq 100^{\circ}\text{C}$
Побутові відходи	IV	Побутові відходи - 100 – 100, в т. ч.: Папір -30 - 17; [ <b>(C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub></b> - целюлоза] Поліетилен -20 – 24; <b>(- CH<sub>2</sub> - CH<sub>2</sub> -)<sub>n</sub></b> Деревина -5 – 3; [ <b>(C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)</b> – целюлоза, лігнін] Матеріали текстильні -4 – 3; [ <b>(C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub></b> - целюлоза Мінеральні домішки (пісок, глина) -4 – 9 Харчові відходи -37 –44;	Поліетилен - $T_{\text{размят.}} \geq 150^{\circ}\text{C}$ Твердий матеріал рослинного походження, не розчиняється у воді. Целюлоза, лігнін $T_{\text{возг. с обуглив.}} \geq 120^{\circ}\text{C}$ Харчові відходи $T_{\text{биоразл.}} \geq 4^{\circ}\text{C}$

Негативний вплив на ОС і людини визначається його хімічним складом.

Ртуть. У природних водах міститься в концентрації 0,00003 ... 0,0028 мг/л. Являючись потужним кумулятивним отрутою, з можливою канцерогенною і мутагенною дією. Процеси самоочищення водойм порушують концентрація ртуті понад 0,018 мг/л, порогова концентрація ртуті за впливом на санітарний режим водойм-0,01 мг/л.

Наприкінці концентрація понад 0,03 є токсичною практично для всіх видів водних організмів. Надзвичайно токсична при попаданні з питною водою для теплокровних організмів, надходження ртуті з питною водою в кількості 75,0 ... 300,0 мг / сут є смертельним. Відрізняється високою токсичністю для будь-яких форм життя. При отруєнні парами спостерігається слабкість, головний біль, біль в шлунку, роздратування по-чек, навіть нефрит; катаральні явища. Розвивається тремтіння рук, ніг, всього тіла. Виникає стан підвищеної психічної збудливості/ Пари ртуті проявляють нейротоксичність, особливо страждають вищі відділи нервової системи [53].

Скло. Нетоксичні, безпечно в навколишньому середовищу, не шкідлива в нирках і водоймах. Вдихання скляного пилу (волокон) призводить до силікоз в зв'язку з високим вмістом сполук кремнію. Шкідливої дії не робить, але є небезпека механічних пошкоджень (порізи, травми).

Алюміній. Токсичний для водної біоти, теплокровних тварин і людей, в концентрації > 1 мг/л чинить негативний вплив на зростання с/г культур. У концентрації > 1 мг/л гальмує зростання мікрофлори водойм і стримує процеси самоочищення водойм. Рівень токсичності визначається формою, в якій знаходиться елемент. Впливає на обмін речовин і функції нервової системи. При попаданні на ґрунт, в воду і атмосферними повітря надає негативного впливу на НС і здоров'я людини.

Цинк. Малотоксичний для теплокровних тварин при надходженні з їжею і питною водою-концентрація в питній воді 11,2 ... 26,6 мг/л переноситься без будь-яких ознак інтоксикації. Дуже корисний для флори, будучи одним з найважливіших мікроелементів харчування, однак лише в концентрації до 0,2 мг/л, крім того, елемент силіється до кумуляції в грантах. Дуже токсичний для водних організмів, порушуючи процеси самоочищення водойм і стаючи токсичним для іхтіофауни в концентрації 0,15 ... 5,0 мг/л. Мутагенна і онкогенна небезпеку.

Свинець. У природних водах міститься в концентрації 0,001 - 0,023 мг/л. У концентрації 2,0 мг/л надає воді металевий присмак. Можливо має мутагенну і канцерогенну дію, значно збільшує токсичну дію інших металів. В концентрації 1,90 мг/л згубно діє на дафній, концентрація 0,1 мг/л погіршує процеси самоочищення водойм. Свинець токсичний для рослин в концентрації понад 5,0 мг / кг ґрунту.

Помірно токсичний. Викликає хронічне отруєння. Має здатність вражати центральну і периферичну нервову систему, кістковий мозок і кров, судини, синтез білка, генетичний апарат клітини.

Хром. Міститься в природних водах в концентрації 0,001 ... 0,112 мг/л. LK50 Cr (VI) для риб – 30,0 ... 50,0 мг/л, LK50 Cr (III) для риб - 117,0 мг/л. Низькі концентрації хрому позитивно впливають на ріст рослин. Володіє канцерогенними властивістю.

Мідь. У природних водах міститься в концентраціях 0,001 ... 0,98 мг/л. У концентрації 0,5 мг/л забарвлює воду, в концентрації > 1,0 мг/л-помітно збільшує мутність води. Дуже токсична як для водних організмів, так і для рослин. У концентрації 0,001 мг/л гальмує розвиток синьо зелених водоростей, LK50 практично для всіх видів риб становить 0,18 ... 1,35 мг/л (короп, карась, окунь, щука, сом). Накопичується ґрунтом і рослинами. У концентрації 0,1 ... 0,2 мг/л надає токсичну дію на ріст рослин. Високотоксичний метал. Викликає гостре отруєння, має широкий спектр токсичної дії).

Целюлоза. Нетоксична. Досить легко піддається біодеструкції лігнін – і целюлозоруйнуючими бактеріями і деякими класами нищих грибів. У зв'язку з нетоксичністю LD50 для тваринах не встановлена. Токсичність визначається за вмістом важких металів, здатних мігрувати з неї в навколишнє середовище. При попаданні на ґрунт, в воду і атмосферне повітря чинить негативний вплив на ОС і здоров'я людини.

Поліетилен. Нетоксичний для всіх видів флори і фауни в зв'язку з дуже високою біологічною інертністю. Нерозчинний у водних середовищах і не впливає на санітарний режим водойм. Використання його не вимагає запобіжних заходів. Отруєння можливі при виробництві та переробці плівки, в результаті виділення окису вуглецю, альдегідів, органічних кислот [43].

Деревина. Нетоксична. Досить легко піддається біодеструкції лігнін- і целюлозоруйнуючими бактеріями і деякими класами нижчих грибів. Деревина нетоксична при використанні. Але дія деревного пилу при рубці і переробці деревини викликає захворювання дихальних шляхів і шкіри.

Текстильне волокно. Нетоксична в зв'язку з біогенним походженням, проте для біодеструкції необхідна наявність вологи. Нетоксична при використанні. Токсична дія виникає (як результат механічні дії - наслідок пилу) при виробництві тканив і при переробці вторинних матеріалів; слабкий алерген.

#### **4.7 Висновки до розділу 4**

У четвертому розділі магістерської роботи проведений аналіз умов праці, шкідливих та небезпечних чинників, розроблені заходи щодо охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях. Визначено параметри і певні характеристики приміщення для роботи над запропонованим проектом написаному в дипломній роботі, описано, які

заходи потрібно зробити для того, щоб дане приміщення відповідало необхідним нормам і було комфортним і безпечним для робітника. Приведені рекомендації щодо організації робочого місця, а також важливу інформацію щодо пожежної та електробезпеки. Наведена схема, розміри приміщення та визначені значення температури, вологості й рухливості повітря, необхідна кількість і потужність ламп та інші параметри, значення яких впливає на умови праці робітника, а також – наведені інструкції з охорони праці, техніки безпеки при роботі на комп'ютері, визначені основні екологічні аспекти впливу на навколишнє природне середовище та зазначені заходи щодо поводження з ними.

## ВИСНОВКИ

**У вступі** обґрунтована актуальність і важливість впровадження методів та засобів надійної передачі інформації в послідовних каналах зв'язку комп'ютерних мережевих систем.

**У першому розділі** магістерської роботи проведено дослідження електричних та часових характеристик, конфігурації мережі, середовище передачі даних по інтерфейсу RS-485 для реалізації передачі інформації в послідовних каналах зв'язку.

Розглянуті та визначені проблеми, що впливають на якість та дальність передачі інформації, а саме, електромагнітні, індуковані перешкоди, неузгодженість середовища передачі та розсинхронізація. Визначені задачі для подальшого дослідження.

**У другому розділі** магістерської роботи проведено дослідження використання послідовних каналів передачі даних у промислових системах. У більшості таких систем використовується найнадійніший з послідовних інтерфейсів – RS-485. Визначені переваги застосування інтерфейсу RS-485 перед інтерфейсом RS-422. При його застосуванні кількість ліній передачі даних зменшується вдвічі, рівень напруги збільшується до +12 В (для RS-422 цей показник складає +6 В), що дає можливість збільшення відстані до 1200 м.

Запропоновані методи підвищення стійкості приймачів до невизначеності стану лінії, захисту систем передачі даних від несприятливих зовнішніх впливів, а саме, від електростатичного розряду та перенапруги.

Під час експлуатації блоків можлива їх «гаряча» заміна за рахунок застосування гальванічно-розв'язаної вихідної частини.

Автоматизовані виробництва функціонують в умовах несприятливої електромагнітної обстановки, тому розробнику системного рівня необхідно враховувати наявність паразитних напруг, що виникають при перехідних процесах, і розробляти обладнання, стійке до зовнішніх впливів. Сучасні мікросхеми драйверів RS-485 містять вбудовані елементи, що реалізують посилений захист від електростатичного розряду, захист від перенапруг і можливість «гарячої» заміни, що оберігає мікросхеми інтерфейсу RS-485 від несприятливих зовнішніх впливів, підтримуючи тим самим високу надійність системи передачі даних.

**У третьому розділі** магістерської роботи проведено дослідження надійності передачі інформації на базі двоканального контролера інтерфейсу RS-485.

З метою дослідження впливу перешкод на роботу гальванічно-розв'язаної вихідної частини блоку проведено дослідження конвертора напруги MAX253 фірми Maxim. В

результаті дослідження для зменшення впливу перешкод загального вигляду та синфазних перешкод, що впливають на роботу конвертора, запропоновано використання поздовжніх трансформаторів.

У якості центрального модуля для системи передачі та обробки інформації обрано контролер Fastwel I/O. З метою розроблення двоканального блоку введення-виведення для контролера Fastwel I/O розглянуті його функції, структура апаратних засобів та програмного забезпечення.

При розробленні апаратної частини двоканального блоку введення-виведення використана сучасна елементна база таких відомих світових лідерів як Texas Instruments, Maxim, Atmel, Standard Microsystems.

При розробленні інтерфейсної частини та застосуванні програмованої логічної мікросхеми фірми Atmel вдалося значно скоротити кількість мікросхем та час формування сигналів керування блоком.

Серед методів боротьби з перешкодами та збоями при передачі даних необхідно використання резисторів для узгодження опору лінії. Для зменшення синфазної складової виходу пропонується застосувати дільник на виході драйвера.

Запропоновані методи боротьби з розсинхронізацією та перенапругою збільшують контроль достовірності при передачі кадрів по лінії передачі в напівдуплексному режимі.

У якості додаткових заходів з вищенаведеними перешкодами запропоновано використання у вихідній частині блоку оптронної розв'язки, а в лінії передачі – індуктивного фільтру.

Проведено дослідження залежності швидкості передачі від довжини кабелю в мережі RS-485. Наведена методика розрахунку при виборі кабелю, що дала можливість визначити залежність рівня спотворень сигналу на вході приймача від мінімальної напруги сигналу на його вході і від відношення тривалості переднього фронту до тривалості інформаційного біта.

Проведено дослідження електромагнітних перешкод і симетрії параметрів каналу зв'язку, визначені додаткові вимоги до реалізації заземлення.

Проведено дослідження конфліктних ситуацій при підключенні двох формувачів або більше при їх одночасному переході в активний стан.

**У четвертому розділі** магістерської роботи проведений аналіз умов праці, шкідливих та небезпечних чинників, розроблені заходи щодо охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Энциклопедия АСУ ТП. Промышленные сети и интерфейсы: Profibus. Режим доступа: [http://www.bookasutp.ru/Chapter2\\_7.aspx](http://www.bookasutp.ru/Chapter2_7.aspx) (дата звернення 11.12.2018).
2. Press Release. Modbus Security – New Protocol to Improve Control System Security. Режим доступа: <http://www.modbus.org/docs/Modbus-SecurityPR-10-2018.pdf> (дата звернення 11.12.2018).
3. Новости электроники. 2017, 9. RS-485: Все еще самый надежный промышленный интерфейс. Режим доступа: <https://www.compel.ru/lib/ne/2017/9/7-rs-485-vse-eshhe-samyiy-nadezhnyiy-promyishlennyiy-interfeys> (дата звернення 11.12.2018).
4. Локотков А. Аппартные средства: Контроллеры Fastwell I/O изнутри. Современные технологии автоматизации. 2007, 1. С. 58-64. Режим доступа: <https://www.cta.ru/cms/f/352161.pdf> (дата звернення 11.12.2018).
5. Karl Heinz John, Michael Tiegelkamp. IEC61131-3: Programming Industrial Automation Systems. [http://www.dee.ufrj.br/controle\\_automatrico/cursos/IEC61131-3\\_Programming\\_Industrial\\_Automation\\_Systems.pdf](http://www.dee.ufrj.br/controle_automatrico/cursos/IEC61131-3_Programming_Industrial_Automation_Systems.pdf) (дата звернення 11.12.2018).
6. Interface Circuits for TIA/EIA-485 (RS-485). Application Report. Режим доступа: <http://www.ti.com/lit/an/slla036d/slla036d.pdf> (дата звернення 11.12.2018).
7. Maxim Integrated. Isolated RS-485/RS-422 Transceivers. Режим доступа: <https://www.maximintegrated.com/en/products/interface/transceivers/rs-485-rs-422-transceivers/isolated-rs-485-rs-422-transceivers.html> (дата звернення 11.12.2018).
8. Maxim Integration. Guidelines for Proper Wiring of an RS-485 (TIA/EIA-485-A) Network. Nov.19, 2001. Режим доступа: <https://pdfserv.maximintegrated.com/en/an/AN763.pdf> (дата звернення 11.12.2018).
9. Построение надежных сетей на базе интерфейса RS-485. Rev.1.00, 27.02.2012. Режим доступа: <https://docplayer.ru/49288953-Postroenie-nadezhnyh-setey-na-baze-interfeysa-rs-485.html> (дата звернення 11.12.2018).
10. The RS-485 Design Guide. Application Report SLLA272C–February 2008–Revised October 2016. Режим доступа: <http://www.ti.com/lit/an/slla272c/slla272c.pdf> (дата звернення 11.12.2018).
11. Maxim Integrated. 3.3V-Powered, 10Mbps and Slew-Rate-Limited True RS-485/RS-422 Transceivers. Режим доступа: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX3483-MAX3491.pdf> (дата звернення 11.12.2018).
12. Maxim Integration. Application Note 4491. Damage from a Lightning Bolt or a Spark—It Depends on How Tall You Are! Режим доступа:



<https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/4491> (дата звернення 11.12.2018).

13. Maxim Integrated. Application Note 639. Maxim Leads the Way in ESD Protection. Режим доступу: <https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/639> (дата звернення 11.12.2018).

14. Maxim Integrated. Application Note 5260. Design Considerations for a Harsh Industrial Environment. Режим доступу: <https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/5260> (дата звернення 11.12.2018).

15. STMicroelectronics. AN3353. Application Note. IEC 61000-4-2 Standard Testing. Режим доступу: [https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/application\\_note/b3/42/28/d8/e2/db/44/f5/DM00023467.pdf/files/DM00023467.pdf/jcr:content/translations/en.DM00023467.pdf](https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/application_note/b3/42/28/d8/e2/db/44/f5/DM00023467.pdf/files/DM00023467.pdf/jcr:content/translations/en.DM00023467.pdf) (дата звернення 11.12.2018).

16. Новости электроники. 2017, 9. RS-485: Все еще самый надежный промышленный интерфейс. Режим доступу: <https://www.compel.ru/lib/ne/2017/9/7-rs-485-vse-eshhe-samyiy-nadezhnyiy-promyishlennyiy-interfeys> (дата звернення 11.12.2018).

17. Кардашук В.С., Свєрбїненко В.С. Методи зменшення шумів інтегральних перетворювачів напруги у ланцюгах гальванічної розв'язки. Всеукраїнська науково-практична конференція "Електронні апарати та системи. Проблеми створення. Перспективи розвитку", 30- 1 жовтня 2015 р., Сєвєродонецьк. – С. 19–23.

18. Maxim Integrated. Режим доступу <https://www.maximintegrated.com/en.html> (дата звернення 19.09.2018).

19. Рязанцев А.И., Иванов А.Н., Кардашук В.С. Экспериментальные исследования интегральных преобразователей напряжения и их применение в цепях гальванической развязки. Проектирование радиоэлектронных и лазерных устройств и систем. Межвузовский сборник научных трудов ФГБОУВПО "Воронежский государственный технический университет". – Воронеж, 2013. – С. 106-116.

20. Рекомендации по разводке сети интерфейса RS-485. Режим доступу [http://www.eni-bbm.ru/images/doc/Statya\\_RS-485\\_2.pdf](http://www.eni-bbm.ru/images/doc/Statya_RS-485_2.pdf) (дата звернення 19.09.2018).

21. Traco Power. DC/DC converters. Режим доступу <https://www.tracopower.com/products/tma.pdf> (дата звернення 19.09.2018).

22. Maxim Integrated. Transformer Driver for Isolated RS-485 Interface. Max 253. Datasheet. Режим доступу: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX253.pdf> (дата звернення 19.09.2018).

23. Рязанцев О.І., Кардашук В.С. Застосування програмованих логічних інтегральних схем в інтерфейсній частині багатоканальних блоків вводу-виводу. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – Луцьк: ЛНТУ, 2012. – № 8. – С. 93– 97.
24. Altera. PLDShell Plus/PLDasm. User's Guide V.5.0. Режим доступу: <http://www.eeng.dcu.ie/~scaifer/otherdoc/pldshel2.pdf> (дата звернення 19.09.2018).
25. Семенов Ю. А. IEEE 802.5 (Token Ring). Режим доступу: [http://citforum.ru/nets/semenov/4/41/802\\_412.shtml](http://citforum.ru/nets/semenov/4/41/802_412.shtml) (дата звернення 19.09.2018).
26. Веселий В. В., Троцишин І. В. Особливості вимірювань параметрів телекомунікаційних систем за допомогою цифрових осцилографів. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2009, 2. С.189-194. Режим доступу: [http://journals.khnu.km.ua/vottp/pdf/2009\\_2/189.pdf](http://journals.khnu.km.ua/vottp/pdf/2009_2/189.pdf) (дата звернення 19.09.2018).
27. О.П. Ткалич, А.А. Дятлов, Р.А. Мамаев, Д.Ю. Нечай. Застосування глазкових діаграм для дослідження цифрових сигналів. Електроніка та системи управління. 2009, 9. С. 154-162.
28. Інтерфейс RS-485. Методика определения параметров кабеля. Режим доступу: [https://www.spd.net.ru/Article/RS-485.aspx#section2\\_3](https://www.spd.net.ru/Article/RS-485.aspx#section2_3) (дата звернення 19.09.2018).
29. Закон України «Про охорону праці».
30. Кодексу законів України про працю.
31. Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності".
32. НПАОП 0.00-6.03-93 «Порядок опрацювання та затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві».
33. НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».
34. НАПБ Б.02.005-2003 «Типове положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України».
35. НПАОП 0.00-4.15-98 «Положення про розробку інструкцій з охорони праці».
36. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
37. ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

38. НПАОП 0.00.-1.28-10 «Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин».
39. НАПБ Б.03.002-2007. «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою».
40. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».
41. ДСН 3.3.6.042-99. «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
42. ДБН-В.2.5-28-2006. «Природне і штучне освітлення».
43. ДСН 3.3.6.037-99. «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».
44. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
45. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища».
46. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення».
47. Закон України «Про відходи».
48. Закон України «Про охорону атмосферного повітря».
49. Закон України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру».
50. ДСанПіН 2.2.7.029. «Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення».
51. Закон України «Про металобрухт».
52. ДСТУ 3911-99. Охорона природи. Поводження з відходами. Виявлення відходів і подання інформаційних даних про відходи. Загальні вимоги.
53. ДК 005-96 Державний класифікатор України. Класифікатор відходів.

## Додаток Презентація

Міністерство освіти і науки України  
СНУ ім. В. Даля  
Факультет інформаційних технологій та електроніки  
кафедра комп'ютерних наук та інженерії

# МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ НАДІЙНОЇ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В ПОСЛІДОВНИХ КАНАЛАХ ЗВ'ЯЗКУ

Студент гр. КІ-17 дм  
Керівник проекту

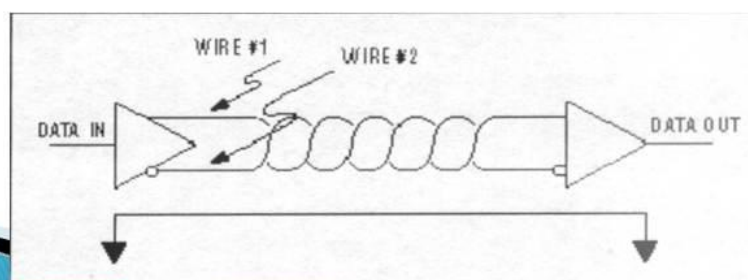
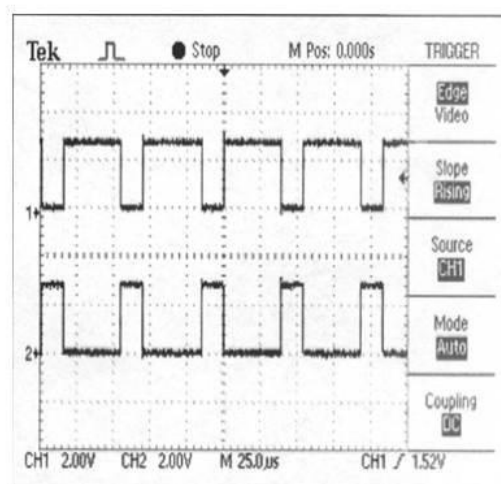
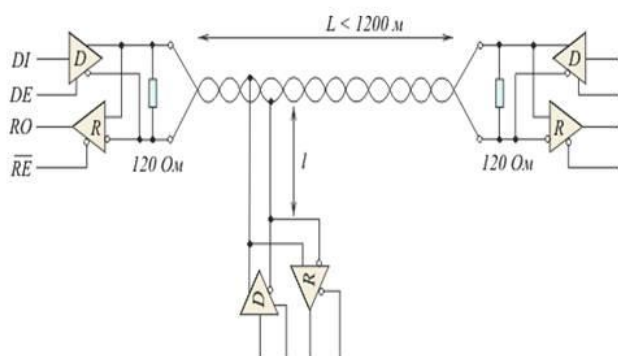
Бойчук А. М.  
Кардашук В.С.

- ▶ **Об'єкт дослідження** – процеси передачі інформації в послідовних каналах зв'язку комп'ютерних систем.
- ▶ **Предмет дослідження** – методи захисту та надійної передачі інформації в послідовних каналах зв'язку на базі інтерфейсу RS-485.
- ▶ **Методи дослідження.** Для реалізації методів захисту та надійної передачі інформації застосовано моделювання вхідної, комунікаційної та вихідної частин блоку передачі інформації по інтерфейсу RS-485.
- ▶ **Актуальність роботи** обумовлена підвищенням надійності передачі інформації в послідовних каналах зв'язку.
- ▶ **Наукова новизна** магістерської роботи полягає в подальшому удосконаленні методів надійної передачі інформації в послідовних каналах зв'язку. На основі проведених досліджень вироблені рекомендації щодо використання запропонованих методів захисту від розсинхронізації, перешкод та збоїв під час передачі даних по інтерфейсу RS-485.

## Основні задачі магістерської роботи

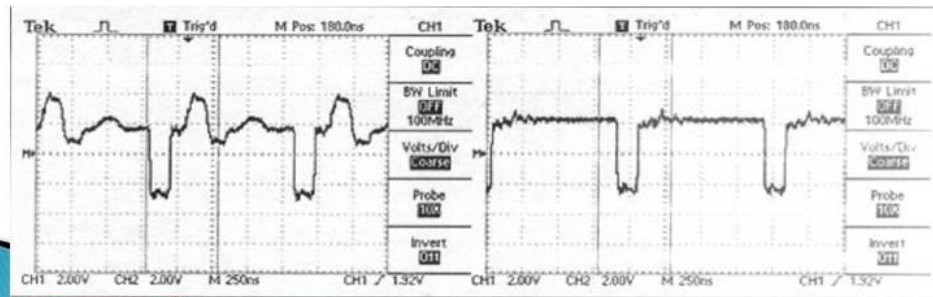
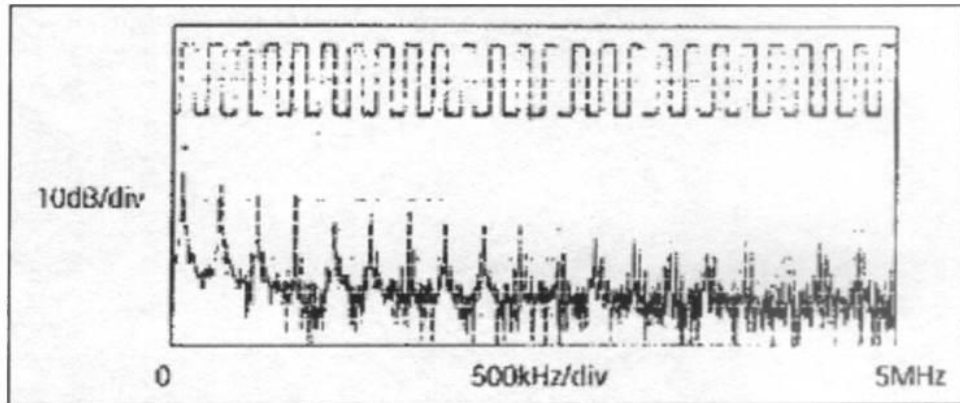
- ▶ З метою реалізації задачі дослідження
- ▶ Провести аналіз електричних та часових характеристик інтерфейсу RS-485;
- ▶ визначити вплив гальванічної розв'язки на роботу інтерфейсу;
- ▶ розробити двоканальний блок передачі інформації;
- ▶ дослідити роботу блоку в режимах захисного зсуву, захисту від розсинхронізації та збоїв;
- ▶ розробити засоби гальванічної розв'язки на сучасних дискретних елементах.

### ІСНУЮЧІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ІНТЕРФЕЙСУ RS-485

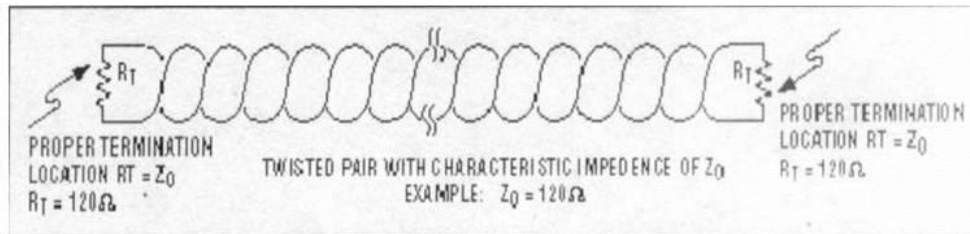


## Випромінюванні електромагнітні перешкоди

Форма сигналу послідовності імпульсів з частотою 125 кГц

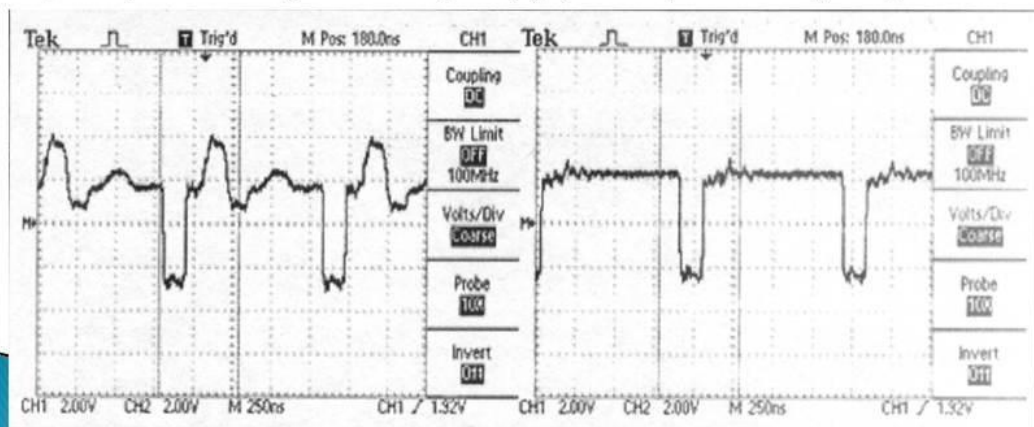


## Узгодження лінії

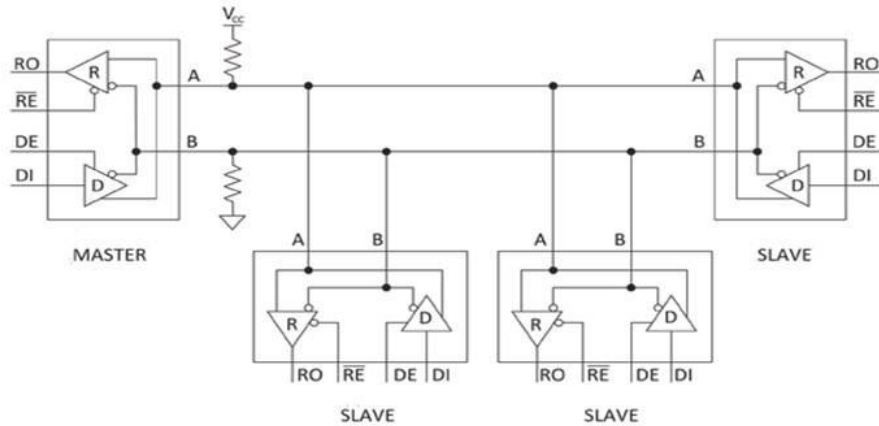


$$(R_t - Z_0) / (Z_0 + R_t),$$

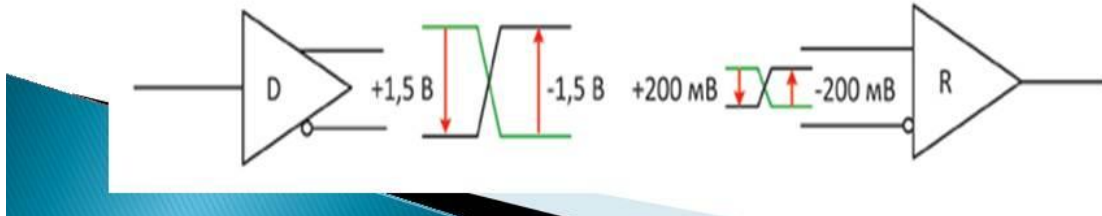
Осцилограми некоректного (ліворуч) та коректного узгодження лінії



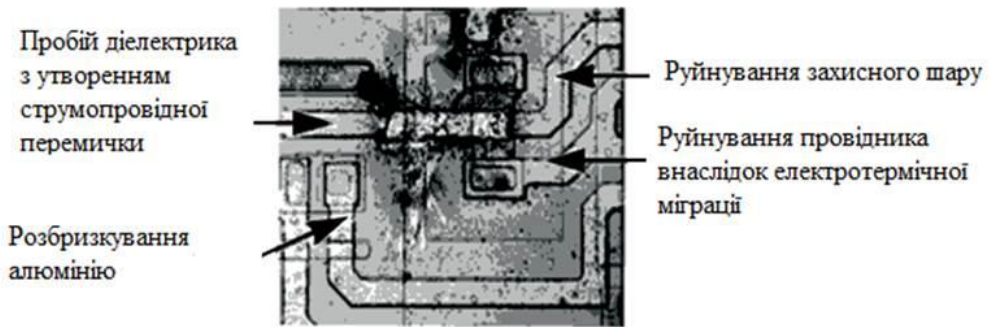
ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ПОСЛІДОВОГО ІНТЕРФЕЙСУ В ПРОМИСЛОВИМУ СЕРЕДОВИЩІ



Багаточкова напівдуплексна система, що використовується в промислових додатках



Захист систем передачі даних від несприятливих зовнішніх впливів



Результат електростатичного розряду на кристал мікросхеми з недостатнім рівнем захисту

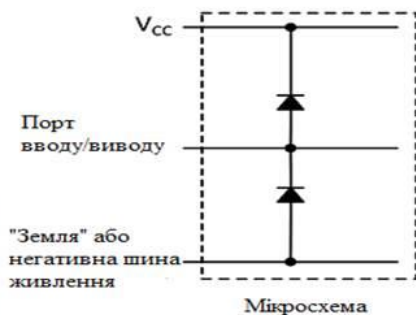


схема вбудованого ланцюга захисту порту від ЕСР

## Можливість «гарячої» заміни

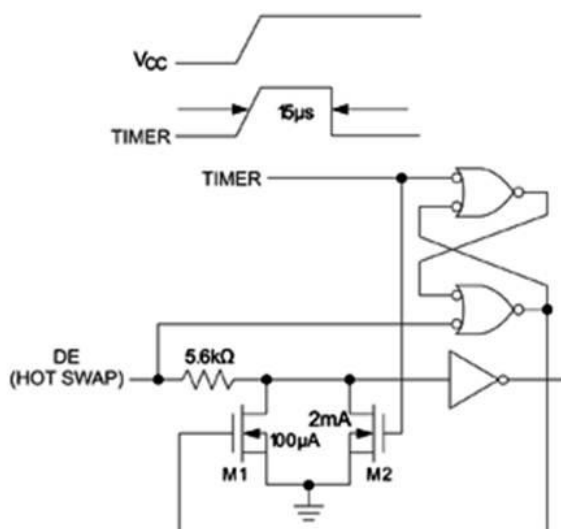


Схема з «гарячою» заміною виключає появу помилкових імпульсів в лінії передачі даних при ініціалізації інтерфейсного пристрою або підключення його до об'єднаної панелі.

Схеми обмеження струму короткого замикання і відключення внаслідок перегріву захищають приймач від надмірно великого розсіювання тепла.

## Дослідження перешкод у конверторах напруги

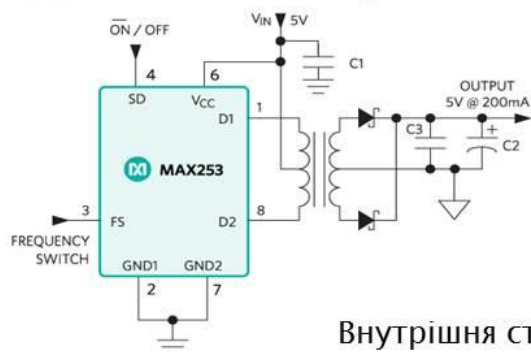
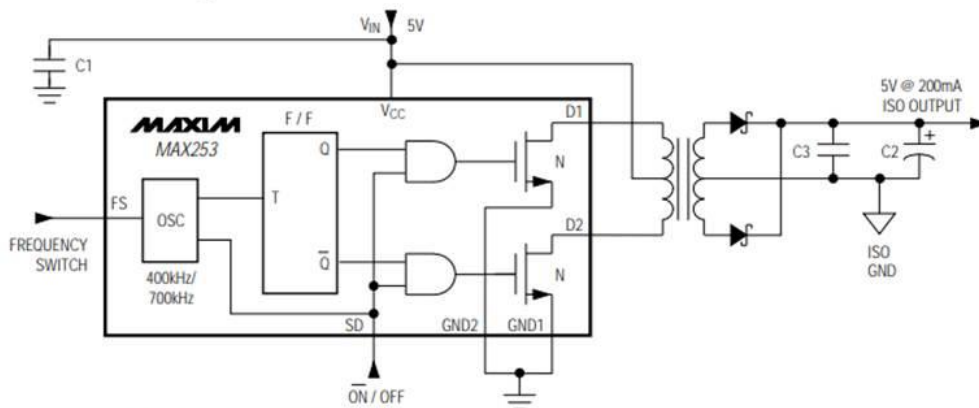


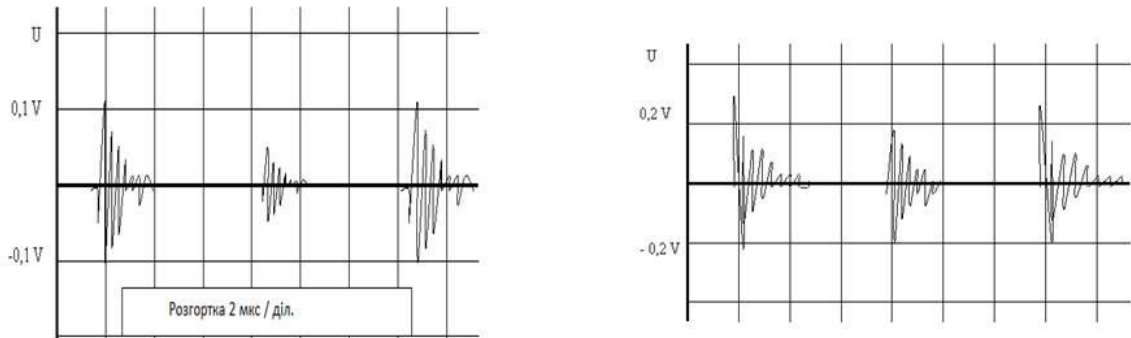
Схема підключення конвертора MAX253

### Внутрішня структура

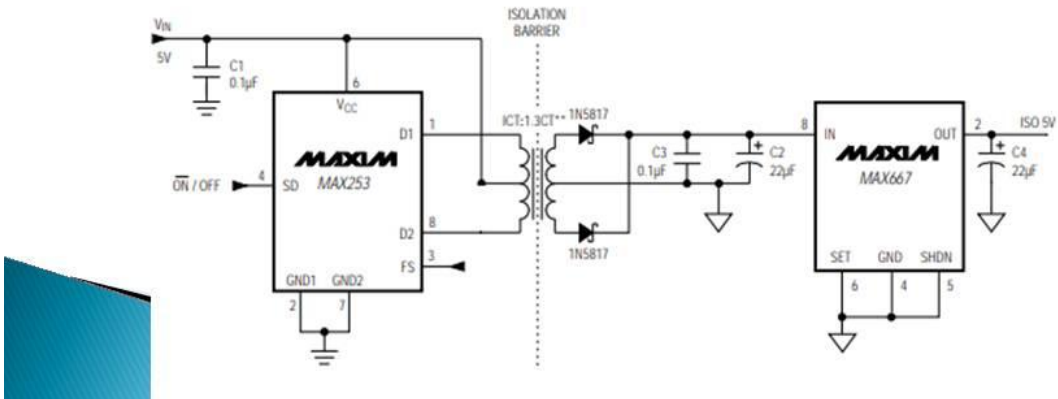




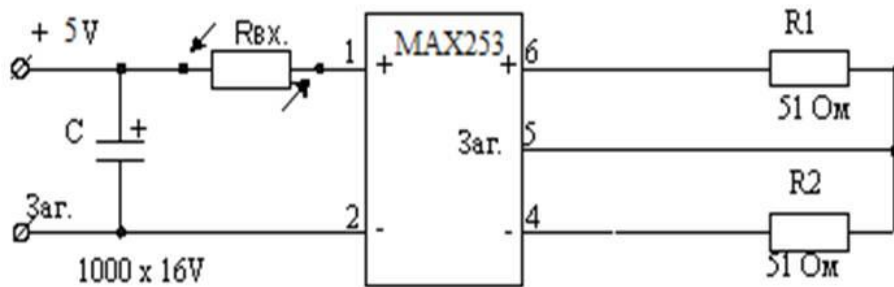
Дослідження амплітуди перешкод на вході та виході конвертора



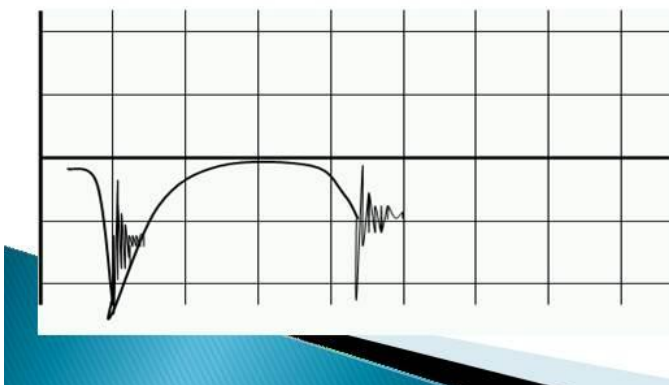
Електрична схема з використання стабілізатора



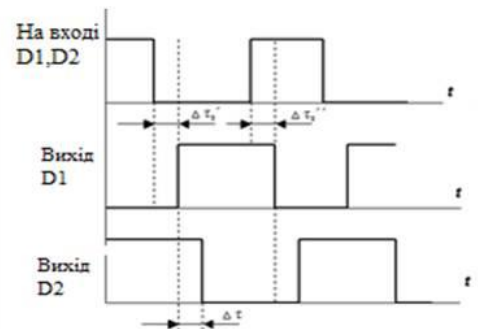
Дослідження частоти перемикання польових транзисторів



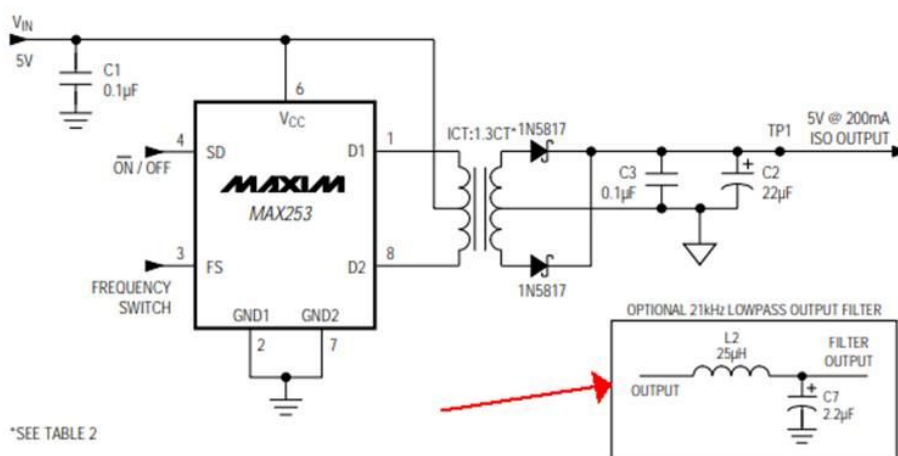
Викид струму на вході конвертора



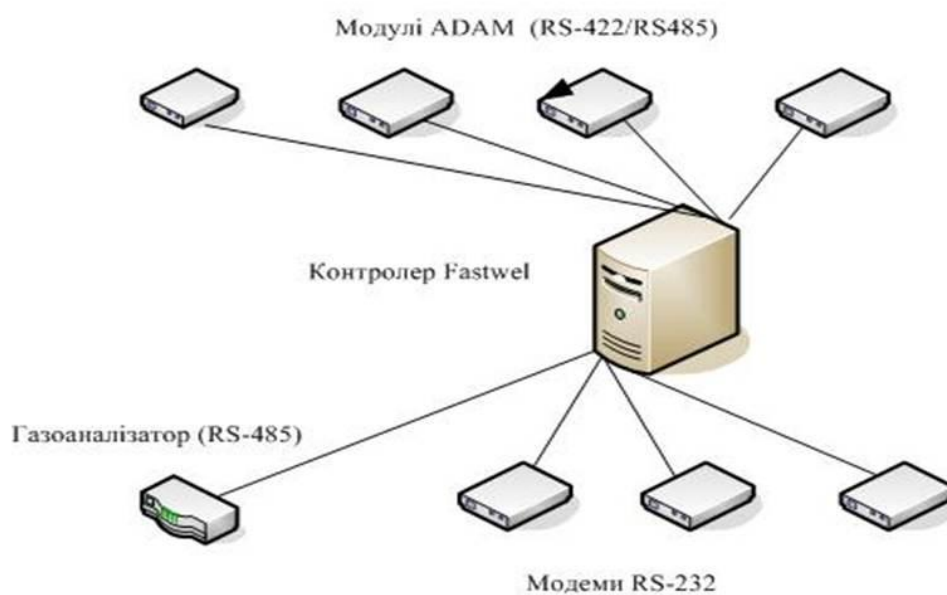
Затримка вихідних імпульсів



## Рекомендації щодо використання поздовжніх трансформаторів

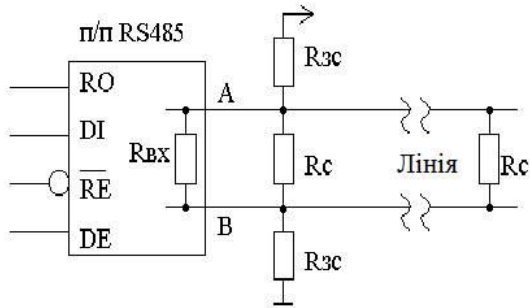


## Застосування інтерфейсу RS-485 в контролерах Fastwel

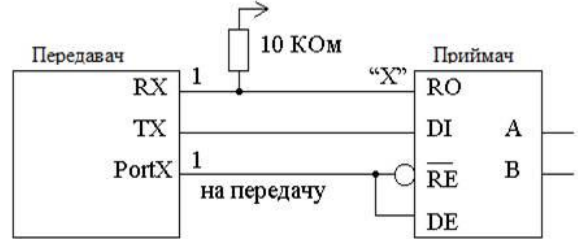


## Методи і способи захисту від перешкод і збоїв

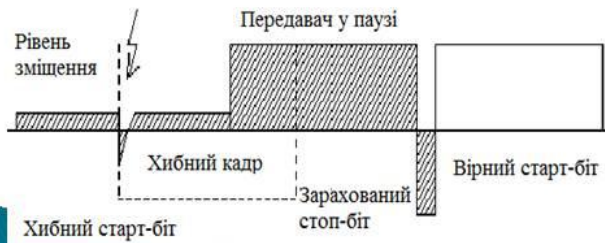
Дільник на виході приймача/передавача



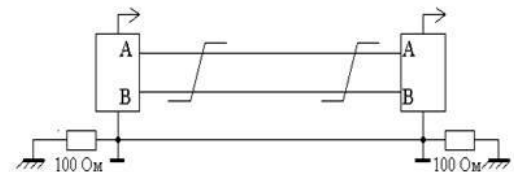
Виключення прийому при передачі в напівдуплексному режимі



Перешкода при передачі кадрів

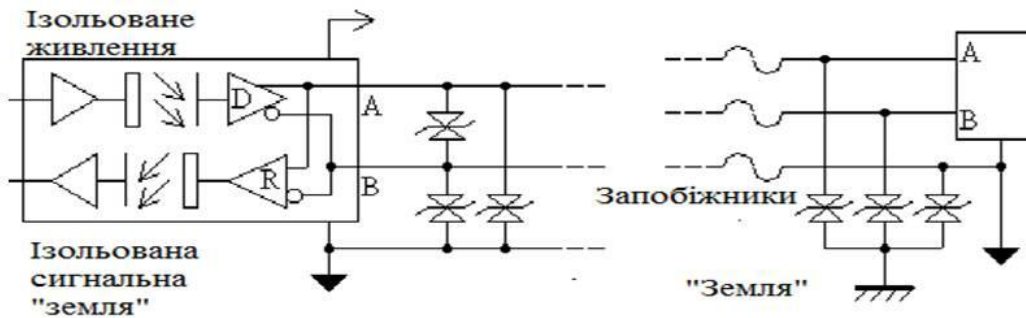


Обмеження струму через дренажний провід



## Методи і способи захисту від перешкод і збоїв

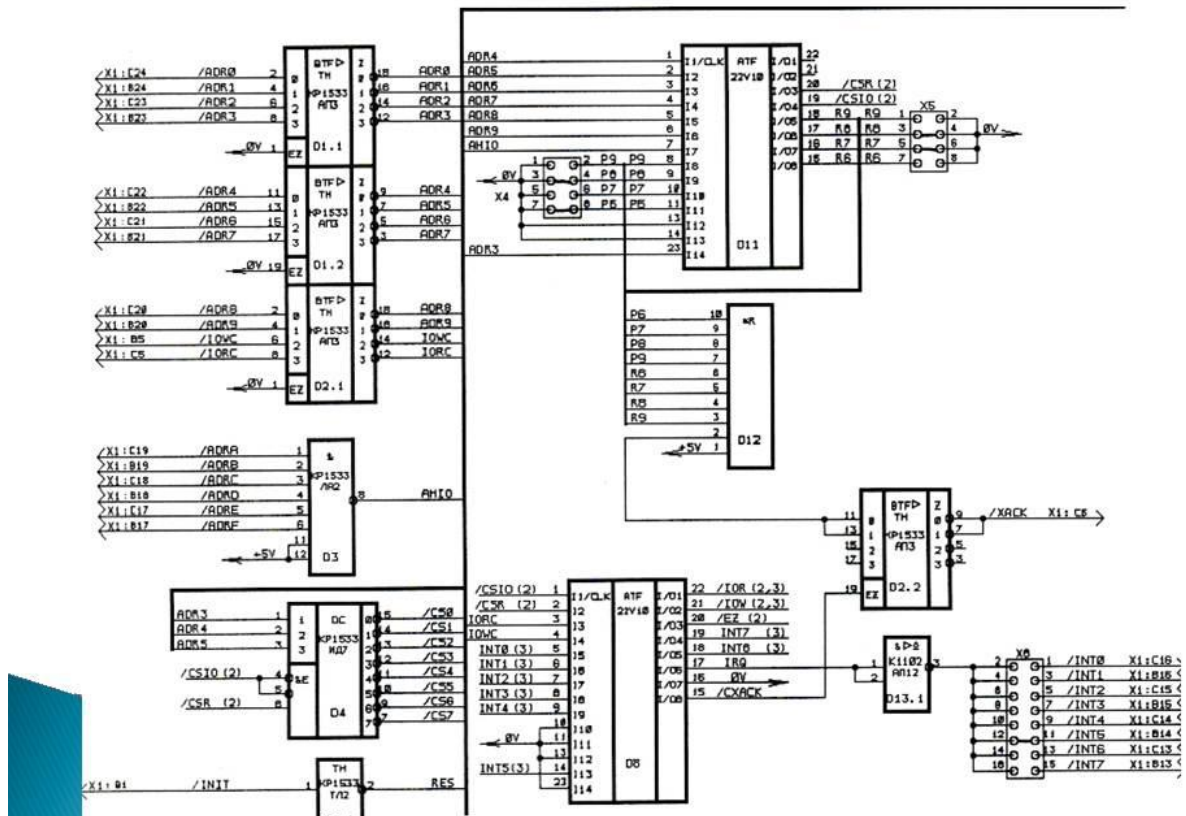
Застосування оптронної розв'язки



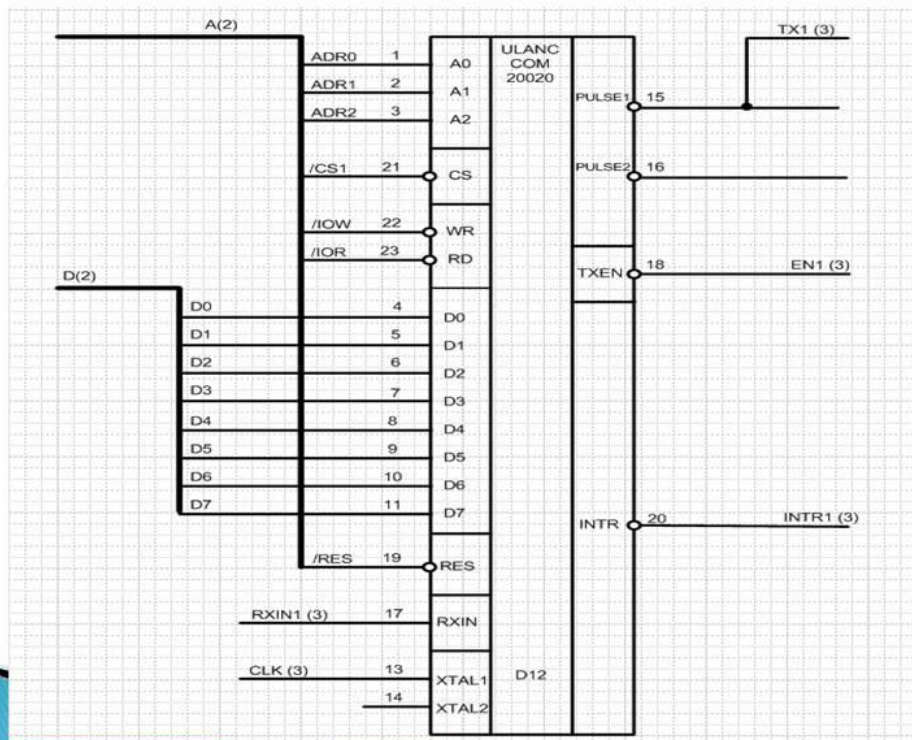
Додаткові заходи - використання індуктивного фільтру



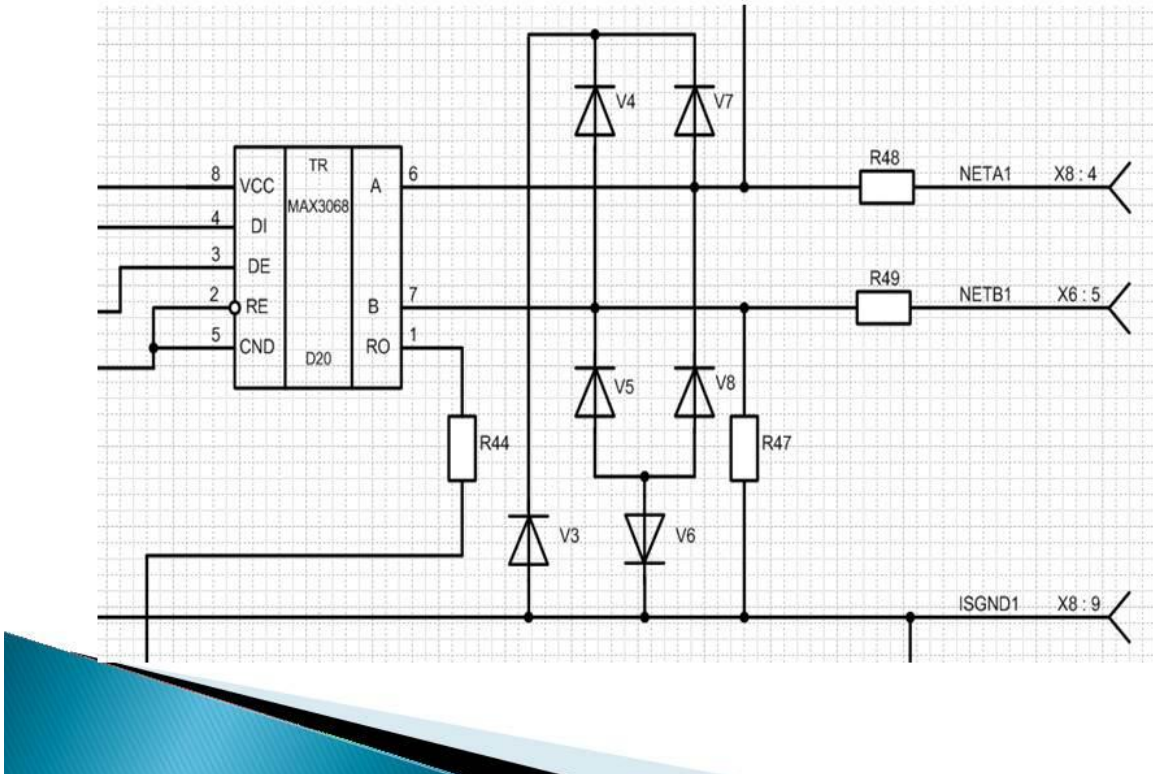
### Фрагмент інтерфейсної частини блоку вводу-виводу



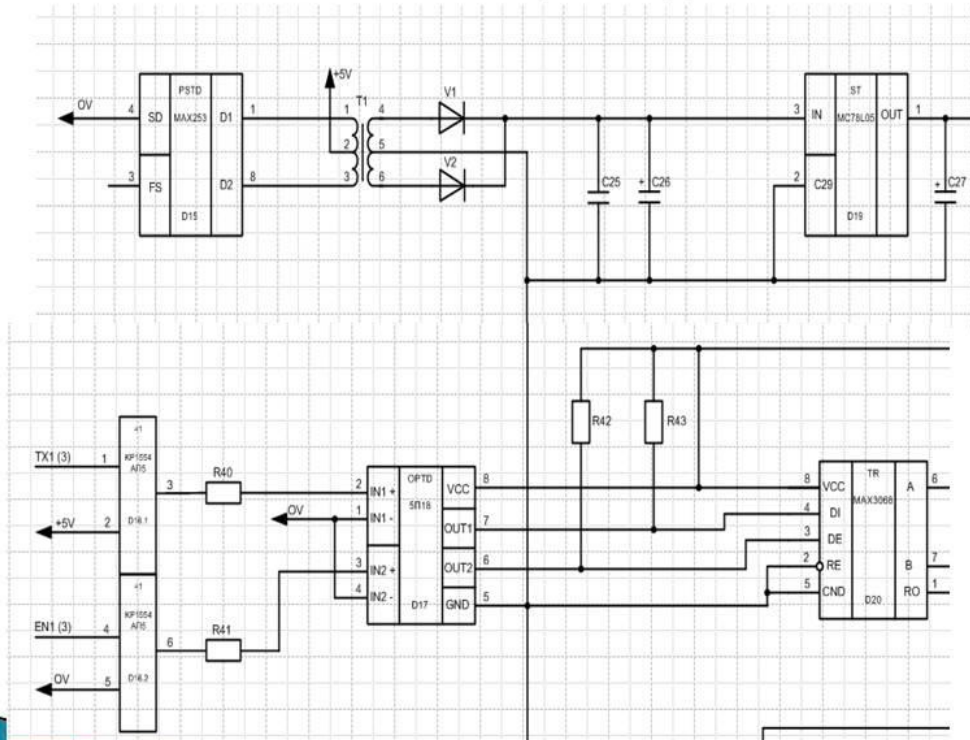
### Комунікаційна частина 2-канального блоку на базі мікросхем COM20020 фірми Standard Microsystems



## Вихідна частина одного каналу 2-канального блоку на базі мікросхем MAX3068 фірми Maxim



## Реалізація оптронної гальванічної розв'язки джерела живлення зі стабілізатором напруги



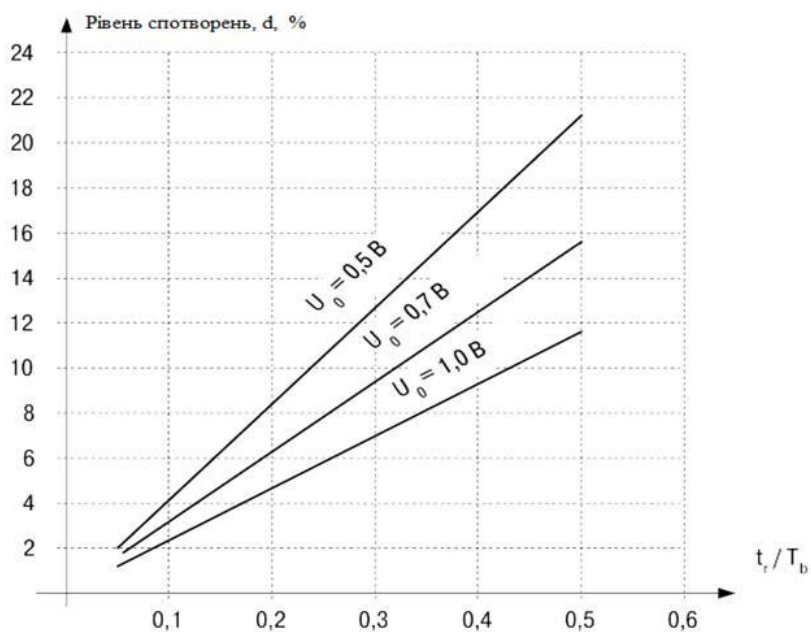
Дослідження залежності швидкості передачі від довжини кабелю в мережі RS-485

Довжина кабелю, м	Швидкість передачі, Мбіт/с
10	10
100	5
200	1,5
500	0,5
1000	0,1

Екранований кабель Belden UTP 2 пари категорії 5e

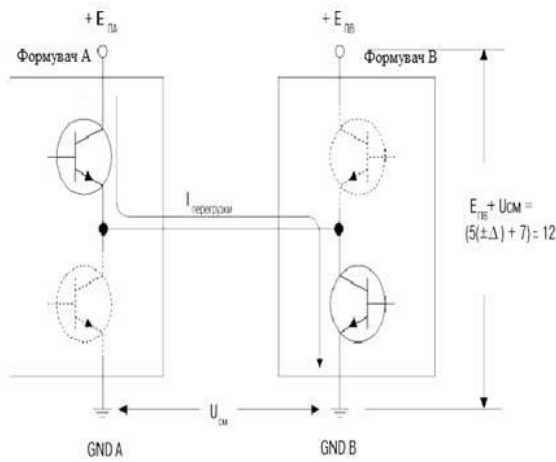


Графік залежності рівня спотворень сигналу на вході приймача від мінімальної напруги сигналу на його вході і від відношення тривалості переднього фронту до тривалості інформаційного біта

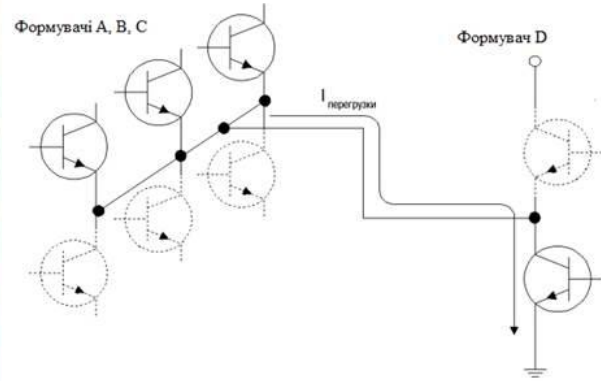


## Дослідження конфліктних ситуацій

### Активізація двох формувачів



### Активізація декількох формувачів



## ВИСНОВКИ

- ▶ В магістерській роботі проведено:
- ▶ Дослідження електричних та часових характеристик, конфігурації мережі, середовище передачі даних по інтерфейсу RS-485 для реалізації передачі інформації в послідовних каналах зв'язку, використання послідовних каналів передачі даних у промислових системах;
- ▶ Запропоновані методи підвищення стійкості приймачів до невизначеності стану лінії, захисту систем передачі даних від несприятливих зовнішніх впливів, а саме, від електростатичного розряду та перенапруги, під час експлуатації блоків можлива їх «гаряча» заміна за рахунок застосування гальванічно-розв'язаної вихідної частини.
- ▶ З метою дослідження впливу перешкод на роботу гальванічно-розв'язаної вихідної частини блоку проведено дослідження конвертора напруги MAX253 фірми Maxim та надійності передачі інформації на базі двоканального контролера інтерфейсу RS-485. Серед методів боротьби з перешкодами та збоями при передачі даних підкреслено необхідність використання резисторів для узгодження опору лінії. Для зменшення синфазної складової виходу пропонується застосувати дільник на виході драйвера.
- ▶ Запропоновані методи боротьби з розсинхронізацією та перенапругою збільшують контроль достовірності при передачі кадрів по лінії передачі в напівдуплексному режимі.
- ▶ У якості додаткових заходів з вищенаведеними перешкодами запропоновано використання у вихідній частині блоку оптронної розв'язки, а в лінії передачі – індуктивного фільтру.
- ▶ Проведено дослідження залежності швидкості передачі від довжини кабелю в мережі RS-485. Наведена методика розрахунку при виборі кабелю.
- ▶ Проведено дослідження конфліктних ситуацій при підключенні двох формувачів або більше при їх одночасному переході в активний стан.
- ▶ проведений аналіз умов праці, шкідливих та небезпечних чинників, розроблені заходи щодо охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.