

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики і електротехніки

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій

(повна назва кафедри)

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри  В. М. Рябенський
д.т.н., професор

« 16 » грудня 2024 р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної магістерської роботи
на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Дослідження та розробка багатоканальної системи збирання даних

Виконав: студент 6 курсу, групи 6321М
спеціальності 171

«Електроніка»

(шифр і назва спеціальності)

ОПП «Електронні системи»

Стужук І. І. 

(прізвище та ініціали студента)

Керівник Трибулькевич С. Л. 

(прізвище та ініціали)

Рецензент Рябенський В. М. 

(прізвище та ініціали)

м. Миколаїв – 2024 року

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

ННІ	автоматики та електротехніки
Кафедра	програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Спеціальність	171 «Електроніка»
ОПП	Електронні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри  В. М. Рябенський
д.т.н., професор

« 16 » жовтня 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Стужуку Ігору Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження та розробка багатоканальної системи збирання даних

керівник роботи Трибулькевич Сергій Леонідович, старший викладач кафедри ПЕЕТ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу

від « 14 » жовтня 2024 року № 1075-уч.

2. Строк подання студентом роботи грудень 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Кількість каналів з гальванічною ізоляцією – 8;

2. Кількість каналів зі спільною землею – 16; 3. Кількість каналів струму – 8;

4. Вимірювана напруга – 0..600В; 5. Вимірюваний струм 0..20А

4. Мета дослідження Розробка універсальної «low cost» системи збирання даних з гальванічною ізоляцією як окремих каналів, так груп каналів.

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

(перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз останніх досліджень і

публікацій. 2. Схемотехніка пристрою. 3. Налаштування та випробування.

4. Приклад лабораторної роботи на базі розробленого обладнання.

5. Охорона праці

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Огляд виробників систем збирання даних. Структурні та принципові схеми

системи, що розроблюється та окремих частин. Моделювання програмної

частини.

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Тубальцев А.М.		

8. Дата видачі завдання « 16 » жовтня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз останніх досліджень і публікацій	жовтень 2024 р.	
2	Схемотехніка пристрою.	листопад 2024 р.	
3	Налагодження та випробування.	листопад 2024 р.	
4	Приклад лабораторної роботи на базі розробленого обладнання.	грудень 2024 р.	
5	Оформлення пояснювальної записки	грудень 2024 р.	

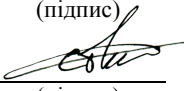
Студент


(підпис)

І. І. Стужук

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

С. Л. Трибулькевич

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційну роботу присвячено дослідженню та розробці багатоканальної системи збирання даних з акцентом на застосування технології ізоляції каналів. Актуальність даної теми зумовлена зростаючими вимогами до точності, надійності та безпеки збору даних у різних сферах, таких як промисловість, наукові дослідження, медицина та інші. Багатоканальні системи дозволяють одночасно обробляти інформацію з багатьох джерел, що значно підвищує ефективність моніторингу та аналізу складних процесів. Проте, робота з великою кількістю каналів може призвести до виникнення проблем, пов'язаних з перешкодами, перехресними впливами та потенційною втратою даних.

У рамках проекту було проведено аналіз існуючих підходів до побудови багатоканальних систем збору даних, розглянуто різні методи ізоляції каналів, такі як гальванічна ізоляція (трансформаторна, оптоізоляція), ємнісна та інші. Досліджено їхні переваги та недоліки з точки зору швидкості передачі даних, рівня ізоляції, вартості та складності реалізації. Розроблено структурну схему та принципову схему багатоканальної системи збору даних з використанням обраної технології ізоляції. Проведено моделювання та експериментальні дослідження розробленої системи з метою оцінки її характеристик, таких як точність, швидкість збору даних, рівень ізоляції та стійкість до перешкод.

Ключові слова: багатоканальна система збору даних, ізоляція каналів, гальванічна ізоляція, оптоізоляція, перешкоди, надійність, моніторинг, аналіз.

SUMMARY

This qualification work is dedicated to the research and development of a multichannel data acquisition system with an emphasis on the application of channel isolation technology. The relevance of this topic is determined by the increasing demands for accuracy, reliability, and safety of data acquisition in various fields, such as industry, scientific research, medicine, and others. Multichannel systems allow simultaneous processing of information from multiple sources, which significantly increases the efficiency of monitoring and analysis of complex processes. However, working with a large number of channels can lead to problems associated with interference, cross-influences, and potential data loss.

Within the project, an analysis of existing approaches to the construction of multichannel data acquisition systems was conducted, various methods of channel isolation, such as galvanic isolation (transformer, opto-isolation), capacitive, and others, were considered. Their advantages and disadvantages were investigated from the point of view of data transfer speed, isolation level, cost, and implementation complexity. A structural diagram and a schematic diagram of a multichannel data acquisition system using the chosen isolation technology were developed. Modeling and experimental studies of the developed system were carried out to evaluate its characteristics, such as accuracy, data acquisition speed, isolation level, and noise immunity.

Keywords: multichannel data acquisition system, channel isolation, galvanic isolation, opto-isolation, interference, reliability, monitoring, analysis.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	7
SUMMARY	8
Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень та термінів..	6
Вступ.....	8
Розділ 1. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ.....	10
1.1. Основні відомості	10
1.2. Огляд існуючих систем	13
1.3. Рекомендації до розробки Texas Instruments	29
Розділ 2. СХЕМОТЕХНІКА ПРИСТРОЮ	36
2.1. Структурна схема.....	36
2.2. Принципові схеми.....	37
Розділ 3. НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ.....	49
3.1. Вхідний атенюатор	49
3.2. Фільтрація та оптична розв'язка	50
3.3. Моделювання програмної частини.....	52
Розділ 4. ПРИКЛАД ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ НА БАЗІ РОЗРОБЛЕНОГО ОБЛАДНАННЯ	58
Розділ 5. Охорона праці	61
5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на людину при розробці системи	62
5.2. Природне освітлення	65
5.3. Штучне освітлення	66
5.4. Заходи щодо техніки безпеки	68
Висновки	71
Список використаних джерел	72
Додаток А.....	73
Програмне забезпечення мікроконтролеру.....	73

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ**

API – Application Programming Interface ;
CAMAC – Computer-Aided Measurement And Control;
CAN – Controller Area Network;
DAQ – Data Acquisition;
DAS – Data Acquisition Systems;
GPIB – General Purpose Interface Bus;
HART – Highway Addressable Remote Transducer;
HTML5 – Hypertext Markup Language;
I2C – Inter-Integrated Circuit;
IoT – Internet of Things;
IP-адреса – ідентифікатор для адресації комп'ютерів чи пристроїв у мережах;
LDO – Low-dropout regulator;
MAC – Media Access Control;
MCU – Microcontroller Unit;
MQTT – Message Queuing Telemetry Transport;
PCI – Peripheral Component Interconnect;
RS-232 – Recommended Standard 232;
RS-485 – Recommended Standard 485;
SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition;
SDK – Software Development Kit;
SPI – Serial Peripheral Interface;
UART – Universal Asynchronous Receiver-Transmitter;
USB – Universal Serial Bus;
USB-OTG – USB On-The-Go (USB на ходу);
VMEbus – VersaModule Eurocard bus;
VXI – eXtention for Instrumentation – розширення VMEbus для вимірювальної техніки;

					171.6321М.КР.ПЗ.Скорочення	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

АСНД – автоматизована система наукових досліджень;

АСУ – автоматизована система управління;

АСУТП – автоматизована система управління технологічними процесами;

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач;

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;

ІВС – інформаційно-вимірювальна система;

ІД – інтелектуальний датчик;

СЗД – система збору даних;

ФВЧ – фільтр верхніх частот;

ФНЧ – фільтр нижніх частот;

ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач;

ЦВП – цифровий вимірювальний пристрій.

					171.6321М.КР.ПЗ.Скорочення	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасному світі, де інформаційні технології та автоматизація відіграють ключову роль, надійність та точність збору даних стають особливо актуальними. Ці системи широко використовуються в промисловості, наукових дослідженнях, де точність вимірювань є критично важливою. Системи збору даних повинні забезпечувати не лише якісну передобробку сигналів, але й убезпечують систему від небажаних впливів, таких як електромагнітні завади та різні типи шумів.

Метою роботи є розробка універсальної «low cost» системи збирання даних з гальванічною ізоляцією як окремих каналів, так груп каналів.

Під збором даних мається на увазі процес виконання вимірювань фізичних явищ або їх запис у будь-якому вигляді для подальшого аналізу.

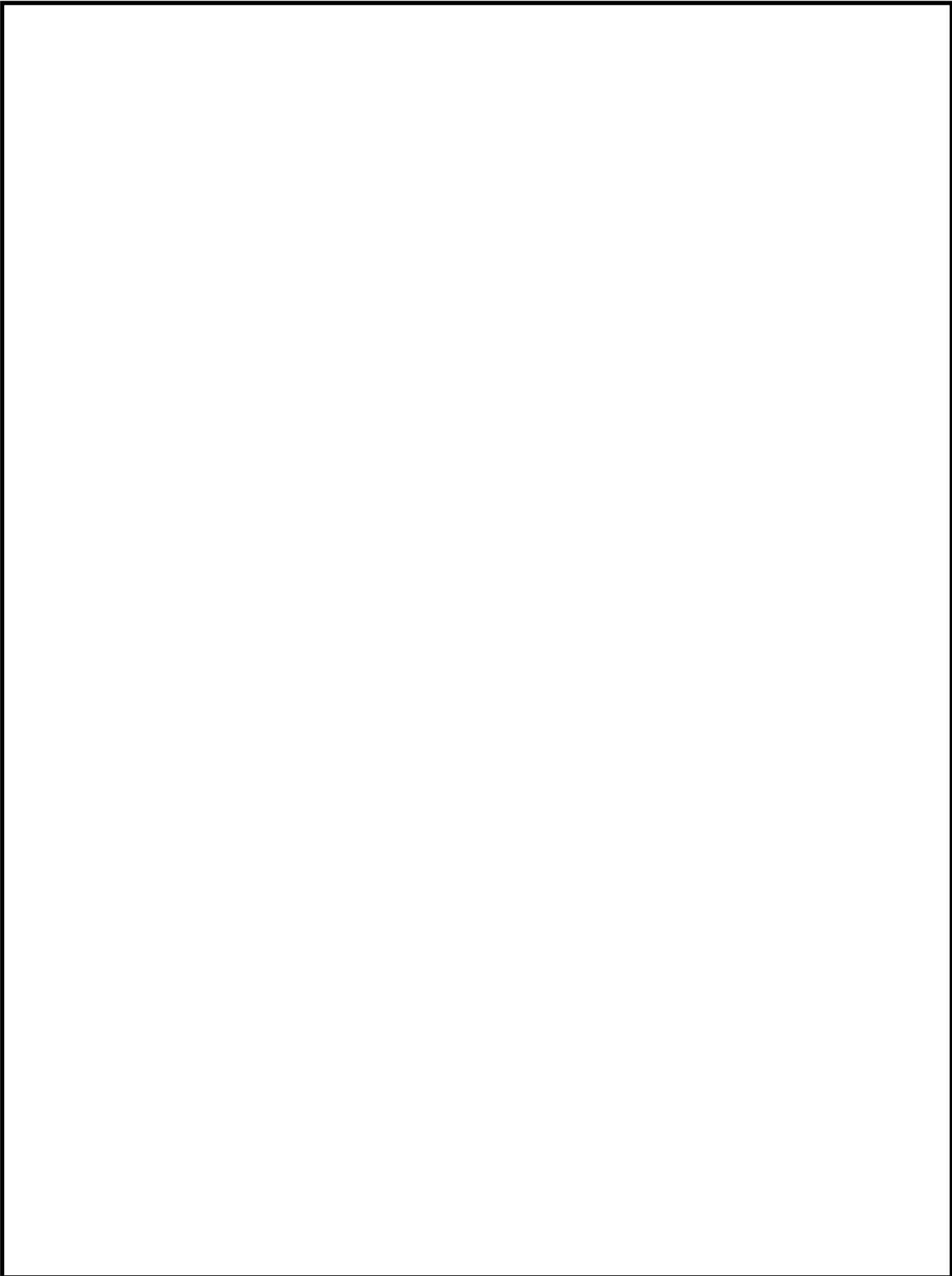
Збір даних, як правило, відрізняють від ранніх форм запису на магнітні та паперові стрічки. На відміну від колишніх методів, сигнали з аналогової області перетворюються на цифрову область, а потім записуються на цифровий носій, наприклад ПЗУ, флеш-накопичувач або накопичувач на жорсткому диску.

Сучасні цифрові системи збору даних складаються з чотирьох основних компонентів, які формують весь ланцюг вимірювання фізичних явищ:

- датчиків;
- перетворювачів сигналів;
- аналого-цифрового перетворювача;
- комп'ютера з програмою збору даних для реєстрації сигналів та їхнього аналізу.

Основне призначення системи, що розробляється, це вимірювання напруг та струмів у складі лабораторного стенду. При цьому канали вимірювання напруг можуть як мати спільну «землю», так і бути або ізольовані один від одного, або зсунуті по рівнях.

					171.6321М.КР.ПЗ.Вступ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		



					171.6321М.КР.ПЗ.Р1				
					АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ				
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата					
Розробник		Стужук І. І.							
Консультант									
Н. контр.		Добрінова Л. П.							
Керівник		Трибулькевич С. Л.			Літ.		Арк.	Аркуші	
Зав. каф.		Рябенський В. М.					9		
					НУК імені адмірала Макарова				

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

1.1. Основні відомості

Система збору даних (СЗД; data acquisition, DAS, DAQ) – сукупність засобів, призначених для роботи в сукупності з персональним комп'ютером або спеціалізованим комп'ютером (наприклад, спеціальним сервером) і виконує автоматизований збір інформації про значення фізичних параметрів в заданих точках об'єкта дослідження від аналогових та/або цифрових джерел сигналу, а також первинну обробку, накопичення і передачу даних.

Разом з персональним комп'ютером, оснащеним спеціальним програмним забезпеченням, система збору даних утворює інформаційно-вимірювальну систему (IVC). IVC – це багатоканальний вимірювальний прилад або система пристроїв з широким спектром можливостей для збору, обробки та аналізу даних.

На базі IVC можуть бути побудовані різні автоматизовані системи управління (АСУ), а зокрема:

- інформаційно-логічні комплекси (їх називають автоматизованими системами управління технологічними процесами (АСУ ТП);
- інформаційно-обчислювальні комплекси (автоматизована система наукових досліджень – АСНД);
- інформаційно-діагностичні та інформаційно-керуючі комплекси і системи.

За способом взаємодії з комп'ютером системи збору даних можна розділити на:

- СЗД на основі вбудованих плат збору даних зі стандартним системним інтерфейсом (найбільш поширені інтерфейси з сімейства PCI).
- СЗД на базі модулів збору даних із зовнішнім інтерфейсом (RS-232, RS-485, USB).

					171.6321M.KP.ПЗ.P1	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– СЗД, виконані у вигляді ящиків (магістрально-модульні СЗД – САМАС, VXI).

– Групи цифрових вимірювальних пристроїв (ЦВП) або розумних датчиків. Для їх організації використовуються такі інтерфейси: GPIB (IEEE-488), 1-wire, CAN, HART.

За способом отримання інформації СЗД поділяються на:

- скануючі;
- мультиплексні (мультиплексорні, іноді називають «багатоточкові»);
- паралельні;
- мультипліковані.

Останній тип СЗД практично не використовується через свою виключно низьку швидкодію. Єдина перевага СЗД цього – відносна простота, – але порівняльна складність побудови СЗД інших типів повністю нівелюється сучасними технологіями виготовлення інтегральних схем.

Скануючий принцип побудови СЗД використовується там, де треба виміряти поле розподілу параметрів:

- тепловізори, апарати УЗД,
- томографи використовують для отримання первинної інформації саме СЗД типу, що сканує

Паралельними системами збору даних слід вважати СЗД на основі так званих інтелектуальних датчиків (ІД). Кожен ІД схемотехнічно є одноканальним СЗД зі спеціалізованим інтерфейсом. Історично першими паралельними СЗД були СЗД, де в кожного датчика «особистим» був лише АЦП, а збирання та обробка даних виконувалася багатопроцесорної ЕОМ. В даний час для збору та обробки вимірювальних даних зазвичай цілком вистачає обчислювальних показників «звичайної» ЕОМ. (Річ у тім, що сучасні «звичайні» ЕОМ, оснащені багатоядерними центральними процесорами (навіть коли оснащуються одним процесором), де-факто також виходять багатопроцесорними.) Паралельні системи ще не витісняють

					171.6321М.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

мультиплексорні, з огляду на апаратної надмірності багатьом галузей застосування. Однак у ряді випадків паралельний принцип привабливий: коли є недорогі готові ІД і недорогий канал зв'язку (наприклад система на інтерфейсі 1-Wire) або при невеликій кількості каналів (випускаються чотиривірні сигма-дельта АЦП) і т.д. п.

Мультиплексна (мультиплексорна) СЗД має на кожен вимірювальний канал індивідуальні засоби аналогової обробки сигналу та загальний для всіх каналів блок аналого-цифрового перетворення (крім самого АЦП до нього обов'язково входить «антіаліасинговий» ФНЧ, пристрій вибірки зберігання, опціонально – схема захисту та схема формування знакового розряду). Найбільшого поширення нині мають саме мультиплексні системи збору даних.

Типова система збору даних найбільш часто мультиплексна і містить такі вузли:

- датчики;
- аналоговий комутатор;
- вимірювальний підсилювач;
- аналого-цифровий перетворювач;
- контролер збору даних та модуль інтерфейсу.

Також СЗД часто оснащуються цифровими лініями введення-виводу та цифро-аналоговим перетворювачем (ЦАП).[1]

Датчик, який є типом перетворювача, є пристроєм, який перетворює фізичну властивість у відповідний електричний сигнал (наприклад, тензодатчик, термістор). Система збору даних для вимірювання різних властивостей залежить від датчиків, які підходять для виявлення цих властивостей. Може знадобитися корекція сигналу, якщо сигнал від перетворювача не підходить для використовуваного апаратного забезпечення DAQ. У більшості випадків може знадобитися формування, фільтрація або посилення сигналу. Різноманітними прикладами формування сигналу може

					171.6321M.KP.ПЗ.Р1	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

бути доповнення мостової схеми, забезпечення струму або напруги збудження датчику, ізоляція та лінеаризація. Для цілей передачі несиметричні аналогові сигнали, які більш чутливі до шуму, можна перетворити на диференціальні сигнали. Після оцифрування сигнал можна закодувати для зменшення та виправлення помилок передачі (рис. 1.1). [3]

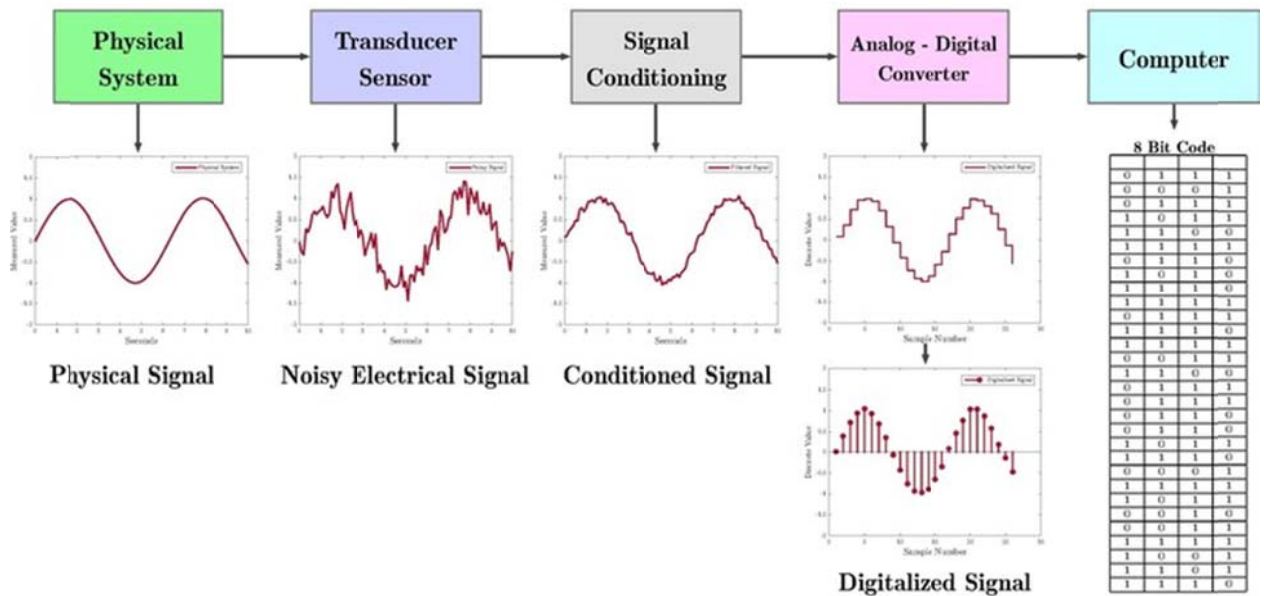


Рисунок 1.1 – Блок-схема системи цифрового збору даних

1.2. Огляд існуючих систем

Існує велика кількість виробників систем збору даних, кожен з яких спеціалізується на певних галузях або типах застосувань (рис. 1.2).

1.2.1. Деякі з найбільш відомих виробників, яких можна класифікувати за різними критеріями:

1.2.1.1. За загальним призначенням та широким спектром продукції:

– Advantech: широкий спектр промислових комп'ютерів, модулів введення-виводу, бездротових рішень, програмного забезпечення SCADA.

– National Instruments (NI): Відомі своїми платформами LabVIEW та PXI, що використовуються для розробки систем вимірювання, автоматизації та управління.

Data acquisition companies

From sources across the web

 DEWETRON Ges.m.b.H. ▾	 Yokogawa Electric ▾	 Advantech Co., Ltd. ▾
 Ametek ▾	 CAS DataLoggers ▾	 Dewesoft ▾
 National Instruments ▾	 ACCES I/O Products ▾	 ADLINK ▾
 Aerodyn Engineering Inc ▾	 A m Systems ▾	 ASC systems ▾
 AstroNova ▾	 BARTEC US Corporation ▾	 Brüel & Kjær ▾
 Campbell Scientific, Inc. ▾	 Crystal Instruments ▾	 Curtiss-Wright ▾
 Ametek (Vti Instruments) ▾	 Hi-techniques, Inc ▾	 Honeywell ▾
 Instrumented Sensor Tec... ▾	 Keysight Technologies ▾	 SAKOR Technologies, Inc. ▾

Рисунок 1.2 – Огляд виробників систем збирання даних

– Keysight Technologies: Спеціалізуються на тестовому та вимірному обладнанні, включаючи осцилографи, аналізатори спектру та генератори сигналів.

– Siemens: Пропонує широкий спектр продуктів для промислової автоматизації, включаючи системи збору даних, ПЛК та SCADA.

– Rockwell Automation: Відомі своїми ПЛК Allen-Bradley та програмним забезпеченням FactoryTalk, що використовуються для автоматизації виробництва.

– ABB: Глобальна компанія, що пропонує рішення для автоматизації, електроенергетики та робототехніки, включаючи системи збору даних.

– Honeywell: Пропонує рішення для різних галузей, включаючи аерокосмічну, будівельну автоматизацію та промислові системи управління.

1.2.1.2. За спеціалізацією на бездротових рішеннях:

– Моха: Спеціалізується на промислових мережевих рішеннях, включаючи бездротові точки доступу та мости.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– Red Lion Controls: Пропонує широкий спектр промислових комунікаційних, моніторингових та контрольних рішень, включаючи бездротові пристрої.

1.2.1.3. За спеціалізацією на конкретних типах даних або вимірювань:

– Brüel & Kjær (HBK): (Згадані в результатах пошуку) – спеціалізуються на системах вимірювання вібрації, шуму та інших акустичних параметрів.

– HBM: Спеціалізуються на вимірюванні механічних величин, таких як сила, вага, тиск та крутний момент.

– Yokogawa: Пропонує рішення для промислової автоматизації та вимірювань, включаючи системи збору даних для процесів хімічної та нафтогазової промисловості.

1.2.1.4. Українські виробники та інтегратори:

– АНВІТ: (представники Brüel & Kjær) – компанія, що займається поставкою та інтеграцією систем збору даних, зокрема LAN-XI від Brüel & Kjær.

– VERNA: компанія, що пропонує послуги з проєктування та впровадження систем зберігання та обробки даних, а також моніторингу ЦОД.

– Антап Україна: компанія, що займається проєктуванням та монтажем систем збору даних, зокрема для диспетчеризації лічильників води та тепла.

– L&G Metering: – компанія, що займається налагодженням систем збору даних енергоресурсів (АСКОЕ).

1.2.2. Порівняльна характеристика компаній виробників систем збирання даних (табл.1.1).

Оскільки світ переходить до систем збору даних на базі ПК, ринок глобальних систем збору даних значно виріс. Збір даних або DAQ – це процес, який вимірює фізичні або електричні явища, такі як прискорення, температура, звук, напруга, струм, тиск тощо за допомогою комп'ютера. Типова система збору даних складається з датчиків, апаратного забезпечення вимірювання збору даних і комп'ютера з програмованим програмним забезпеченням.[4]

					171.6321M.KP.ПЗ.Р1	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Характеристики компаній виробників систем збирання даних

Логотип	Назва	Web-адреса	Країна походж.	Дата засн.	Рішення
1	2	3	4	5	6
	Dewesoft	https://dewesoft.com/	Slovenia	2000	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, транспорт, промисловість, цивільне будівництво, NVH
	Acces I/O Products	www.accesio.com	USA	1987	Аерокосмічне, транспортне, промислове, цивільне будівництво
	Acromag	www.acromag.com	USA	1957	Промисловий вхід/вивід та автоматизація виробництва
	ADInstruments	www.adinstruments.com	New Zealand	1986	Біомедицина, освіта, дослідження та розробки
	ADLINK	www.adlinktech.com	Taiwan	1995	Аерокосмічна промисловість, цивільне будівництво, охорона здоров'я, промисловість, транспорт, NVH
	Advantech	www.advantech.com	Taiwan	1983	Автомобільна промисловість, охорона здоров'я, промисловість, транспорт
	AMETEK	https://www.powerandtest.com/ate-data-acq/data-acquisition/static-daq	USA	1930	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, транспорт, промисловість, цивільне будівництво, NVH
	VTI Instruments Division)				

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
 	Astro-Nova (Formerly Astro-Med) Astronics Test Systems (Formerly Racal)	www.astronovainc.com www.astronicstestsystems.com	USA USA	1969 1950	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, транспорт, промисловість, наукові дослідження Аерокосмічна промисловість і оборона, промисловість, медицина, транспорт
 	Beijing Gemotech Intelligent Technology Bently Nevada	http://en.gemotech.cn www.industrial.ai/bently-nevada	China (PRC) USA	1999 1961	Оборона, енергетика, промисловість, безпека, телекомунікації, транспорт Аерокосмічна, автомобільна, машинобудівна, промислова, енергетика та енергетика
	Brüel & Kjær	www.bksv.com	Denmark	1942	Застосування шуму та вібрації в усіх галузях промисловості
 	Brush, Clevite, Gould (Obsolete) Bustec	www.bustec.com	USA Ireland	1919 1997	Автомобільна, аерокосмічна, промислова, енергетична, транспортна, наукові дослідження Аерокосмічна промисловість і оборона, енергетика та енергетика, охорона здоров'я та медицина
	Campbell Scientific (See HBM)	https://www.campbellsci.co.uk/	Germany	1950	Аерокосмічна промисловість, автомобільна промисловість, енергетика, цивільне будівництво

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
	Contec Systems	contecsystems.com	USA	1990	Екологічний
	ControlbyWeb	www.controlbyweb.com	USA	1999	Промислова автоматизація
	Crystal Instruments	www.crystalinstruments.com	USA	1996	Застосування шуму та вібрації в усіх галузях промисловості
	CSM (Computer-Systeme-Messtechnik)	www.csm.de	Germany	1983	Автомобілебудування, будівництво
	Curtiss-Wright	www.curtisswrightds.com/products/flight-test/data-acquisition/	USA	1929	Аерокосмічна промисловість і оборона
	DAQ System Co. Ltd	www.daqsystem.com	South Korea	2005	Промислова та виробнича автоматизація
	Data Patterns	www.datapatternsindia.com	India	1985	Аерокосмічна, військова та оборонна АРЕ
	Data Physics	www.dataphysics.com	USA	1984	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, транспорт, промисловість, наукові дослідження, NVH
	Dataforth	www.dataforth.com	USA	1984	Аерокосмічна, автомобільна, промислова, енергетика, транспорт
	DATAQ	www.dataq.com	USA	1984	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, транспорт, промисловість, наукові дослідження

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
	Delphin	www.delphin.com	Germany	1980	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, транспорт, промисловість, цивільне будівництво, NVH
	Dewetron	www.dewetron.com	Austria	1989	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, транспорт, промисловість, цивільне будівництво
	DGH Corporation	www.dghcorp.com	USA	1985	Управління водопостачанням і стічними водами, фармацевтика, наукові лабораторії, військова промисловість, автомобільна промисловість, транспорт, енергоменеджмент та енергетичні підприємства
	Dynamic Signals (Formerly Signatec, Gage and Kinetic Systems)	http://www.dynamicsignals.com/	USA	1970	Аерокосмічна та оборонна промисловість, медицина, дослідження та розробки,
	Dyne Systems	www.dynesystems.com	USA	1983	Аерокосмічний і оборонний, автомобільний, промисловий
	Eagle Technology	www.eagledaq.com	South Africa		Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, транспорт, промисловість, дослідження та розробки, безпека

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
	Fluke	www.fluke.com	USA	1948	Промислові, управління процесами
	Gantner Instruments	www.gantner-instruments.com	Austria	1982	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, транспорт, промисловість, цивільне будівництво
	Graphtec (Formerly Watanabe)	www.graphtec.com	Japan	1949	Промисловість, транспорт, електроенергетика та енергетика
	HBM	www.hbm.com	Germany	1950	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, транспорт, промисловість, цивільне будівництво, NVH
	HEAD Acoustics	www.head-acoustics.com	Germany	1986	Автомобільна, промислова, телекомунікаційна, NVH
	H-P (Formerly Sanborn) (obsolete)	http://agilent.com/ http://keysight.com/	USA	1961	Медичні, промислові, наукові дослідження
	Hi-Techniques (Formerly Norland)	www.hi-techniques.com	USA	2004	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, транспорт, промисловість, наукові дослідження
	Honeywell	process.honeywell.com	USA	1927	Промисловість, автомобільна промисловість, аерокосмічна промисловість, наукові дослідження

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
	ICP DAS USA	www.icpdas-usa.com	USA	2001	Промисловість, енергетика та енергетика, дослідження та розробки
	IADS	https://iads.symvionics.com/	USA	1988	Аерокосмічна
	Hioki	www.hioki.com	Japan	1935	Автомобілебудування, авіакосмічна промисловість, транспорт, енергетика, машинобудування, дослідження
	imc DataWorks	www.imcdataworks.com	USA	1988	Автомобілебудування, авіакосмічна промисловість, транспорт, енергетика, машинобудування, дослідження
	IPETronik	www.ipetronik.com	Germany	1989	Автомобільний
	Kistler	www.kistler.com	Switzerland	1959	Аерокосмічна, автомобільна, транспортна, промислова, NVH
	Keysight Technologies (formerly Agilent)	www.keysight.com	USA	2014	Лабораторні, промислові, загальні настільні
	LabJack	www.labjack.com	USA	2001	Освітня, промислова, управління процесами, науково-дослідна
	LMS International (Div. of Siemens)	http://www.siemens.com/plm/lms	Belgium	1980	Автомобільна, промислова, NVH

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
	M&P International	www.mpihome.com	Germany	1980	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, звук і вібрація, транспорт, промисловість, дослідження
	Mantracourt	www.mantracourt.com	UK	1974	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, звук і вібрація, транспорт, промисловість, дослідження
	Measurement Computing	www.mccdaq.com	USA	1989	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, звук і вібрація, транспорт, промисловість, дослідження
	Micro Measurements	www.micro-measurements.com	USA	Early 1960s	Автомобільна, аерокосмічна, цивільна інженерія, промисловість, медицина, енергетика, NVH, транспорт
	Microstar Laboratories	www.mstarlabs.com	USA	1982	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, транспорт, промисловість, цивільне будівництво, NVH
	MonoDAQ	https://www.monodaq.com/	Slovenia	2015	Освіта, промислове, цивільне будівництво
	MTS	www.mts.com	USA	1966	Автомобільна, аерокосмічна, біомедична, промислова, дослідницька
	Mueller BBM	www.muellerbbm.com	Germany	1946	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, транспорт, промисловість, цивільне будівництво, NVH
	National Instruments	www.ni.com	USA	1976	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, транспорт, промисловість, цивільне будівництво, NVH

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
	Norsonic	www.norsonic.com	Norway	1967	Аерокосмічна, автомобільна, цивільна інженерія, промисловість, NVH
	Omega Engineering	www.omega.com	USA	1962	Промисловість, управління процесами, енергетика та енергетика. Цивільне будівництво
	OROS	www.oros.com	France	1985	Застосування шуму та вібрації в усіх галузях промисловості
	Pacific Instruments	www.pacificinstruments.com	USA	1978	Аерокосмічна промисловість і оборона, цивільне будівництво
	Pico Technology	www.picotech.com	UK	1991	Автомобільна, промислова, управління технологічними процесами, дослідження та розробки
	Precision Filters Inc. (PFI)	www.pfinc.com	USA	1975	Аерокосмічний і оборонний, автомобільний
	Pruftechnik	www.pruftechnik.com	Germany	1972	Автомобільна промисловість, енергетика та енергетика, фабрика, промисловість
	Red Lion Controls	www.redlion.net	USA	1972	Енергетика та енергетика, промисловість, управління процесами, транспорт
	Safran (formerly Zodiac, formerly Heim Systems)	www.safran-group.com/companies/safran-electronics-defense	France, USA	Zodiac 1896	Комерційна та військова авіація

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
	SHJ Electronic Co. Ltd.	www.shjelectronic.com/	China	2005	Енергетика та енергетика, промисловість, управління процесами
	Spectral Dynamics	www.spectraldynamics.com	USA	1961	Aerospace and Defense, Automotive, Industrial, NVH
	Symvionics (IADS)	www.symvionics.com/products/iads/	USA	1988	Аерокосмічна
	Tektronix (Keithley Division)	https://www.tek.com/keithley-switching-and-data-acquisition-systems	USA	1945	Лабораторно-промисловий загального призначення
	The Mathworks	http://mathworks.com	USA	1984	Освіта, промисловість, лабораторія, дослідження та розробки
	United Electronic Industries (UEI)	www.ueidaq.com	USA	1990	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, транспорт, промисловість, наукові дослідження
	Vector	www.vector.com	Germany	1988	Автомобільний
	Yokogawa	www.yokogawa.com	Japan	1915	Автомобільна, аерокосмічна, енергетика, транспорт, промисловість, наукові дослідження

1.2.3. Характеристики модулів збирання даних Advantech.

Компанія Advantech пропонує широкий спектр систем збору даних, які використовуються в різних галузях промисловості, від автоматизації виробництва до інтелектуальних міст.

Продукти Advantech розроблені для роботи в складних промислових умовах. Системи підтримують широкий спектр протоколів зв'язку, включаючи MQTT, що забезпечує гнучкість та інтеграцію з різними системами. Продукти Advantech розроблені з урахуванням простоти встановлення та налаштування. Advantech пропонує повний спектр рішень для збору даних, від датчиків до серверів та програмного забезпечення (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Приклади СЗД Advantech

Системи збору даних Advantech використовуються в різних галузях, включаючи:

- Автоматизація виробництва;
- Енергетика;
- Транспорт;
- Інтелектуальні міста;
- Охорона навколишнього середовища;

					171.6321М.КР.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		25

Advantech пропонує комплексні рішення для збору, обробки та аналізу даних, що дозволяє підприємствам підвищити ефективність, знизити витрати та приймати обґрунтовані рішення на основі даних.

Системи збору даних Advantech пропонують різноманітні інтерфейси підключення, що дозволяє інтегрувати їх у різні промислові середовища.

1.2.4. Класифікація за основними типами інтерфейсів:

1.2.4.1. Ethernet

– ADAM-6000: Модулі введення-виводу з інтерфейсом Ethernet для збору даних з датчиків та пристроїв. Підтримують протоколи Modbus/TCP та MQTT для зв'язку з системами SCADA та хмарними платформами.

– EKI-серія: Промислові Ethernet комутатори, що забезпечують зв'язок між різними пристроями в мережі.

– Промислові комп'ютери та сервери: Мають Ethernet порти для підключення до локальних мереж та Інтернету.

1.2.4.2. Бездротові інтерфейси

– WISE-4000: Бездротові модулі IoT з підтримкою Wi-Fi, Cellular (стільниковий зв'язок), LoRaWAN та інших бездротових технологій. Забезпечують збір даних з віддалених та важкодоступних місць.

– SmartSwarm 300: Шлюз IIoT з підтримкою стільникового зв'язку для віддаленого моніторингу та керування.

1.2.4.3. Послідовні інтерфейси

– ADAM-4000: Модулі введення-виводу з послідовними інтерфейсами RS-232, RS-422 та RS-485. Використовуються для підключення до пристроїв, які не мають Ethernet.

– PCI-карти з послідовними портами: Для встановлення в промислові комп'ютери для розширення кількості послідовних портів.

1.2.4.4. USB

– Модулі збору даних з USB інтерфейсом: Для простого та швидкого підключення до комп'ютера.

					171.6321M.KP.ПЗ.Р1	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– Конвертери інтерфейсів USB-to-Serial: Для перетворення USB в послідовні інтерфейси RS-232/422/485.

1.2.4.5. Промислові шини

PCI, PCI Express, ISA, CompactPCI: Advantech пропонує плати розширення з цими інтерфейсами для встановлення в промислові комп'ютери та розширення їх функціональності, включаючи збір даних.

1.2.4.6. Інші інтерфейси

– CANbus: Для застосувань в автомобільній промисловості та інших галузях, де використовується CAN.

– Profibus, Profinet, EtherCAT: Для інтеграції з системами автоматизації Siemens та інших виробників.

1.2.5. Класифікація за типами підключення:

– Direct-to-Cloud: Модулі WISE-4000 та ADAM-6000 з підтримкою MQTT можуть напряму підключатися до хмарних платформ без використання шлюзу.

– Edge Connectivity: Промислові комп'ютери та шлюзи використовуються для попередньої обробки даних на місці (Edge Computing) перед відправкою в хмару.

– Fieldbus Connectivity: Модулі з підтримкою Profibus, Profinet та інших промислових шин дозволяють інтегруватися з існуючими системами автоматизації.

Вибір інтерфейсу підключення залежить від конкретних потреб застосування, таких як:

- Відстань між датчиком та системою збору даних.
- Необхідна швидкість передачі даних.
- Наявність існуючої інфраструктури.
- Вимоги до безпеки.

Advantech пропонує широкий вибір продуктів з різними інтерфейсами підключення, що дозволяє створити оптимальне рішення для будь-якої задачі збору даних.

					171.6321M.KP.ПЗ.Р1	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1.2.6. Ключові продукти та технології наступні:

1.2.6.1. Модулі віддаленого вводу-виводу WISE-4000

– Ці бездротові модулі IoT збирають дані з віддалених або важкодоступних місць.

– Вони об'єднують збір, обробку та передачу даних без шлюзу і можуть безпосередньо підключатися до хмар через протокол MQTT.

– Вбудований інтерфейс HTML5 дозволяє налаштовувати та отримувати доступ до модулів з будь-якого мобільного пристрою.

– RESTful API дозволяє системним інтеграторам налаштувати конфігуратор відповідно до своїх потреб.

1.2.6.2. Програмна платформа WebAccess:

– Це програмне забезпечення SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), яке забезпечує візуалізацію, моніторинг та контроль промислових процесів.

– WebAccess підтримує підключення до різних пристроїв збору даних, включаючи модулі WISE-4000 та ADAM-6000.

– Платформа також підтримує протокол MQTT для ефективної передачі даних в умовах обмеженої пропускної здатності мережі.

1.2.6.3. Модулі введення-виводу Ethernet ADAM-6000:

– Ці модулі забезпечують збір даних з різних датчиків та пристроїв через мережу Ethernet.

– Вони можуть бути безпосередньо підключені до хмари або ERP/MES систем за допомогою протоколу MQTT.

1.2.6.4. Шлюзи протоколу ECU-1152 та шлюз IoT для стільникового зв'язку SmartSwarm 300:

– Ці шлюзи забезпечують з'єднання між різними мережами та пристроями, дозволяючи збирати дані з різних джерел.

– SmartSwarm 300 забезпечує підключення до стільникової мережі для віддаленого моніторингу та керування.

					171.6321M.KP.ПЗ.Р1	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1.2.6.5. Промислові комп'ютери та сервери:

- Advantech пропонує широкий вибір промислових комп'ютерів та серверів, які використовуються для збору, обробки та зберігання даних.
- Сервери GPU Advantech використовуються для аналізу великих даних та глибокого навчання, що є важливим для застосувань в інтелектуальних містах та інших галузях.
- Інтелектуальні панелі оператора використовуються для візуалізації даних та керування промисловими процесами на місці.

1.3. Рекомендації до розробки Texas Instruments

Простий референсний дизайн запропоновано фірмою Texas Instruments [2] у вигляді 16-канального модуля АЦП з цифровою ізоляцією. Структурна схема такої системи наведена на рис. 1.

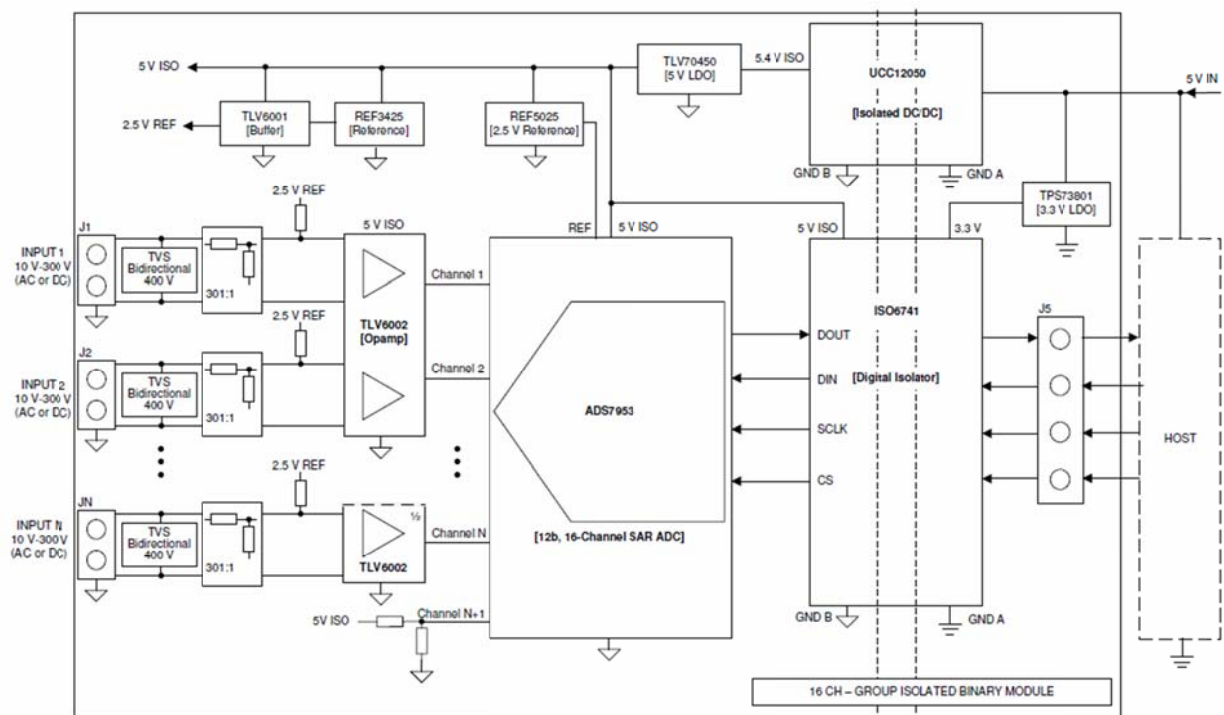


Рисунок 1.4 – Структурна схема 16-канального модуля АЦП Texas Instruments

Цей зразок розробки демонструє економічно оптимізовану та масштабовану архітектуру модуля двійкового входу змінного/постійного струму (BIM) на основі АЦП із посиленою ізоляцією. 16 каналів 10- або 12-розрядного АЦП SAR використовуються для вимірювання кількох двійкових входів. Оптимізовані за ціною операційні підсилювачі, на додаток до забезпечення низької вартості за канал, надають оптимальне формування сигналу для кожного входу. Цифровий ізолятор (базовий або посилений) застосовується для ізоляції головного мікроконтролера (MCU) або процесора. Також є можливість вимірювання температури, вологості та магнітного поля для діагностики. Посилене ізоляційне DC/DC джерело живлення з налаштованим виходом забезпечує необхідне живлення для бінарного модуля.

1.3.1. Аналогово-цифровий перетворювач.

Щоб оптимізувати вартість модуля введення, обирається 12-розрядний 16-канальний АЦП для виконання перетворення двійкового вводу в головний процесор (рис. 1.5).

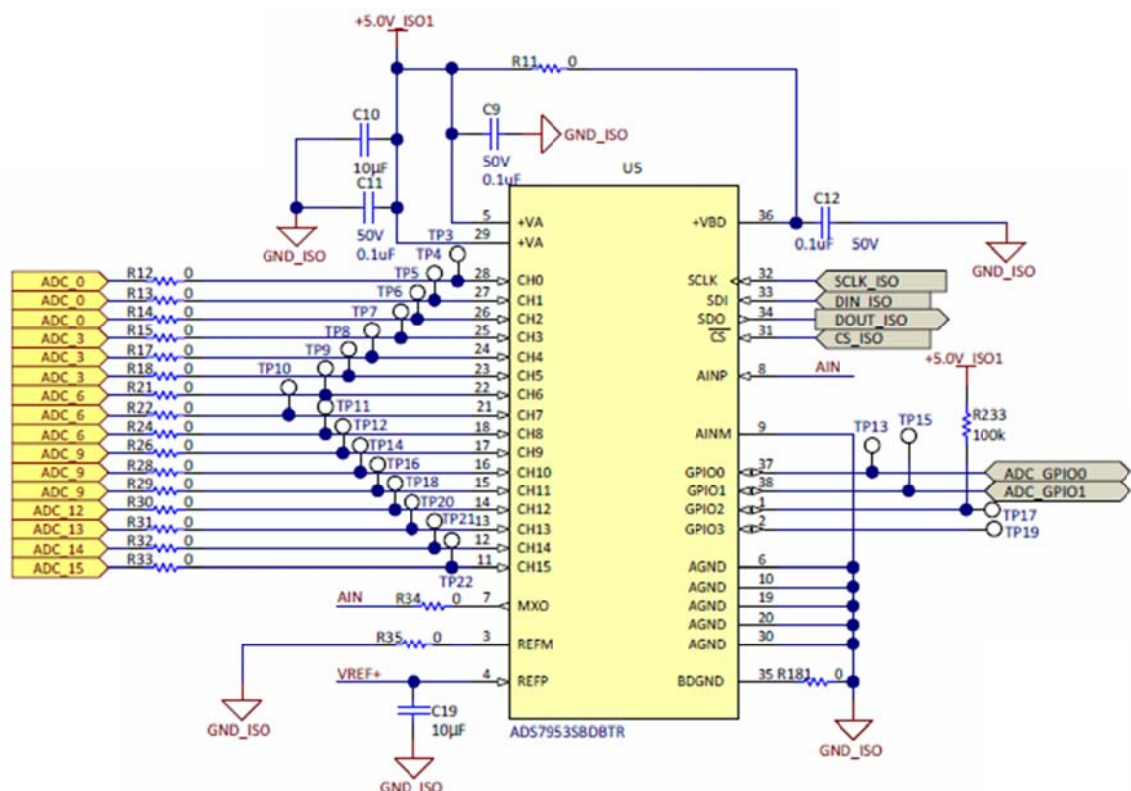


Рисунок 1.5 – Конфігурація АЦП для вимірювання кількох каналів

1.3.2. Обробка вхідного сигналу

Сигнал подається на резистори серії 1206 з опором 100 кОм (рис. 1.6). Кожен з них витримує максимальну напругу 200 В. Допуск опору та температурний дрейф резисторів можна вибрати, виходячи з вимог до точності.

Для цієї розробки було розглянуто провідний у галузі універсальний двоканальний операційний підсилювач TLV6002, щоб забезпечити привабливий баланс між вартістю та продуктивністю. Пристрій забезпечує коефіцієнт підсилення 1,45 В/В для вхідного сигналу, який потім подається на вхідний канал АЦП. Операційний підсилювач є найбільш економічно ефективним рішенням для однополярного перетворення та зсуву рівня.

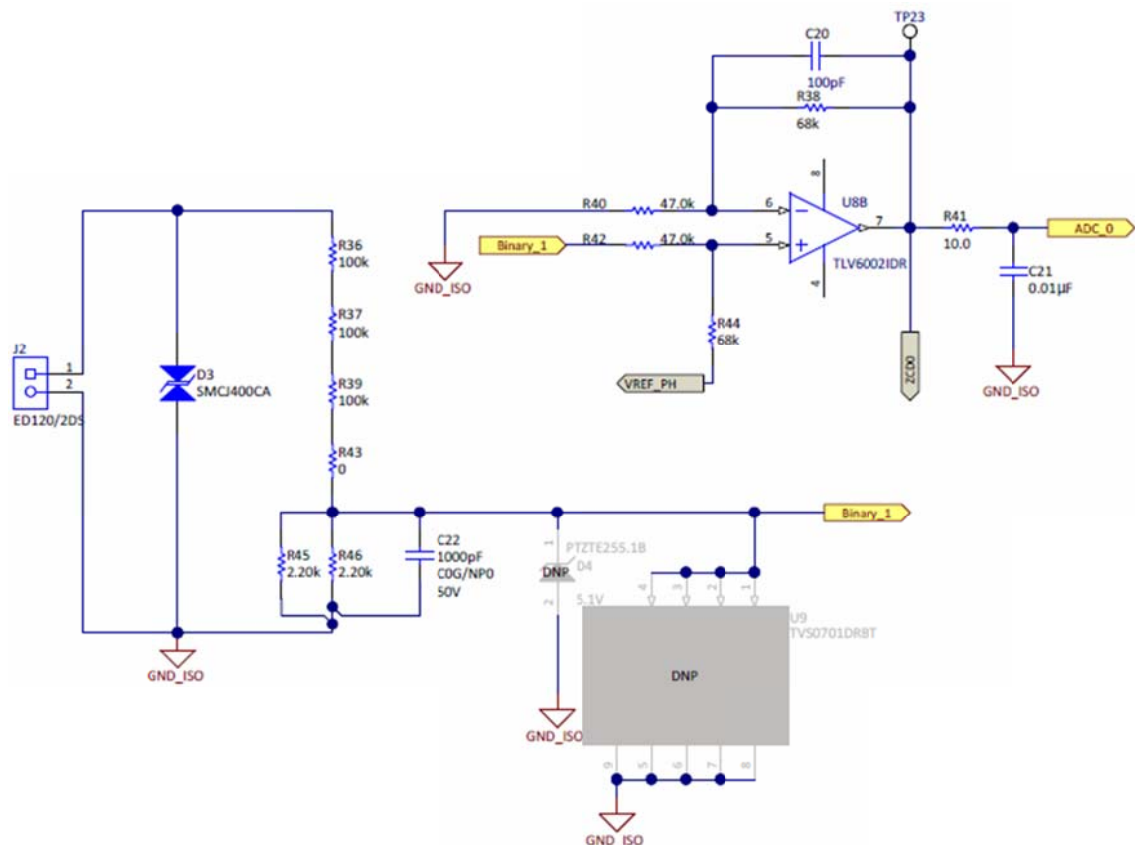


Рисунок 1.6 – Вхідний дільник напруги і схема формування сигналу на операційному підсилювачі

1.3.3. Гальванічна розв'язка сигналу.

В даній конструкції було розглянуто ISO6741 для забезпечення економічно ефективного рішення з посиленою ізоляцією для інтерфейсу між АЦП та хостом. Кожен канал ізоляції має логічний вхідний та вихідний буфер, розділені подвійним ємнісним ізоляційним бар'єром з діоксиду кремнію (SiO_2) від TI (рис. 1.7).

Ізоляційний бар'єр розділяє дві сторони ізолятора, дозволяючи кожній стороні отримувати живлення незалежно з будь-якою напругою в межах рекомендованих умов експлуатації. Виводи EN можна використовувати з будь-якої сторони для встановлення відповідних виходів у стан високого імпедансу для застосувань з кількома головними пристроями (multimaster).

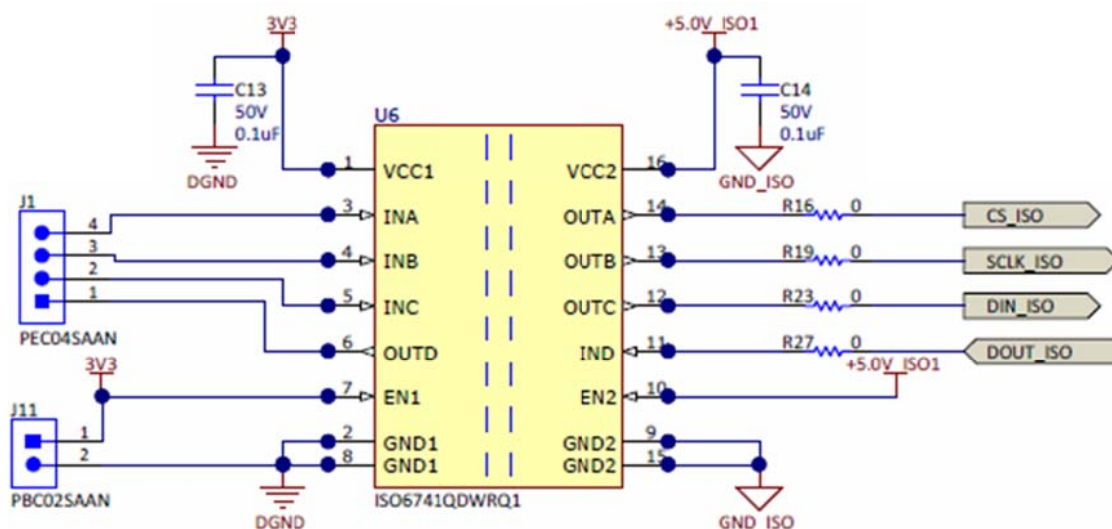


Рисунок 1.7 – Гальванічна розв'язка інтерфейсу

1.3.4. Ізольоване джерело живлення постійного струму

Для цього застосування було розглянуто перетворювач UCC12050 потужністю 500 мВт. Цей DC/DC перетворювач був спеціально розроблений для застосувань з ізольованим вимірюванням напруги, пов'язаних з реле захисту та інтелектуальними вимикачами. Він має посилену ізоляцію з номінальною напругою 5 кВ та регульований вихід 3,3, 3,7, 5,0 або 5,4 В, що ідеально підходить для безпечного та надійного живлення LDO, джерела опорної напруги або інших компонентів.

					171.6321M.KP.ПЗ.P1	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		32

Зручна номінальна вхідна напруга 5 В та корпус SOIC з широким корпусом ідеально підходять для застосувань з двійковими вхідними модулями, що потребують економічно ефективних функцій безпеки. Деякі функції включають блокування за низької напруги (UVLO), теплове відключення та вибір вихідної напруги. На рис. 1.8 показано схему джерела живлення на основі DC/DC перетворювача з посиленою ізоляцією.

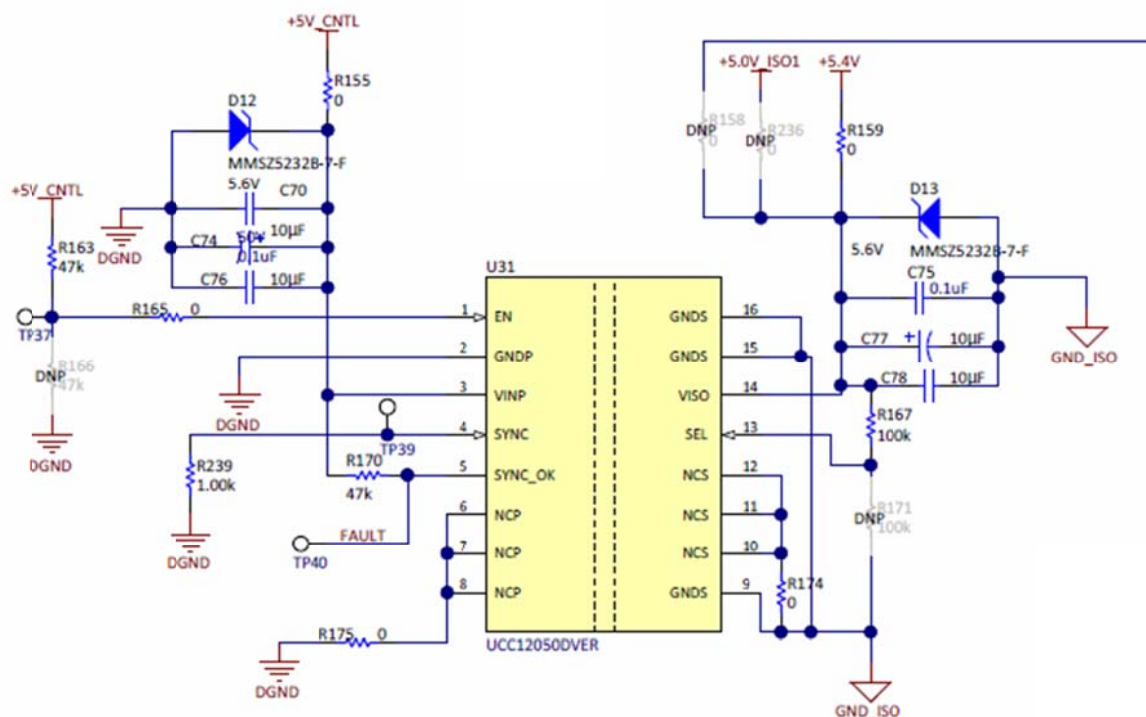


Рисунок 1.8 – Джерело живлення DC/DC з посиленою ізоляцією

Зовнішній вигляд готового рішення показано на рис. 1.9.

У якості хоста розробник пропонує використання набору розробника SimpleLink™ Ethernet MSP432E401Y, що є інтуїтивно зрозумілою платформою на базі Arm® Cortex®-M4F з підтримкою Ethernet. Набір розробника використовує мікроконтролер з інтегрованим Ethernet MAC та PHY і широким набором інтерфейсів дротового зв'язку, включаючи USB-OTG, CAN, Quad-SPI (QSSI), I2C, SPI, UART та інші послідовні протоколи. Завдяки процесору Arm Cortex-M4F з тактовою частотою 120 МГц, 1 МБ флеш-пам'яті, 256 КБ SRAM та вдосконаленим криптографічним прискорювачам, мікроконтролери MSP432E4 пропонують достатньо обчислювальних ресурсів, щоб реалізовувати стеки дротового та бездротового зв'язку та алгоритми

обробки для розробки надійних Ethernet-рішень. Можна використовувати ряд плагін-модулів SimpleLink wireless MCU BoosterPack™ та плагіни SimpleLink software SDK, щоб безперешкодно додавати бездротове підключення та інтеграцію з хмарою до програми для створення готових до IoT, сумісних та інтелектуальних промислових шлюзових застосунків.

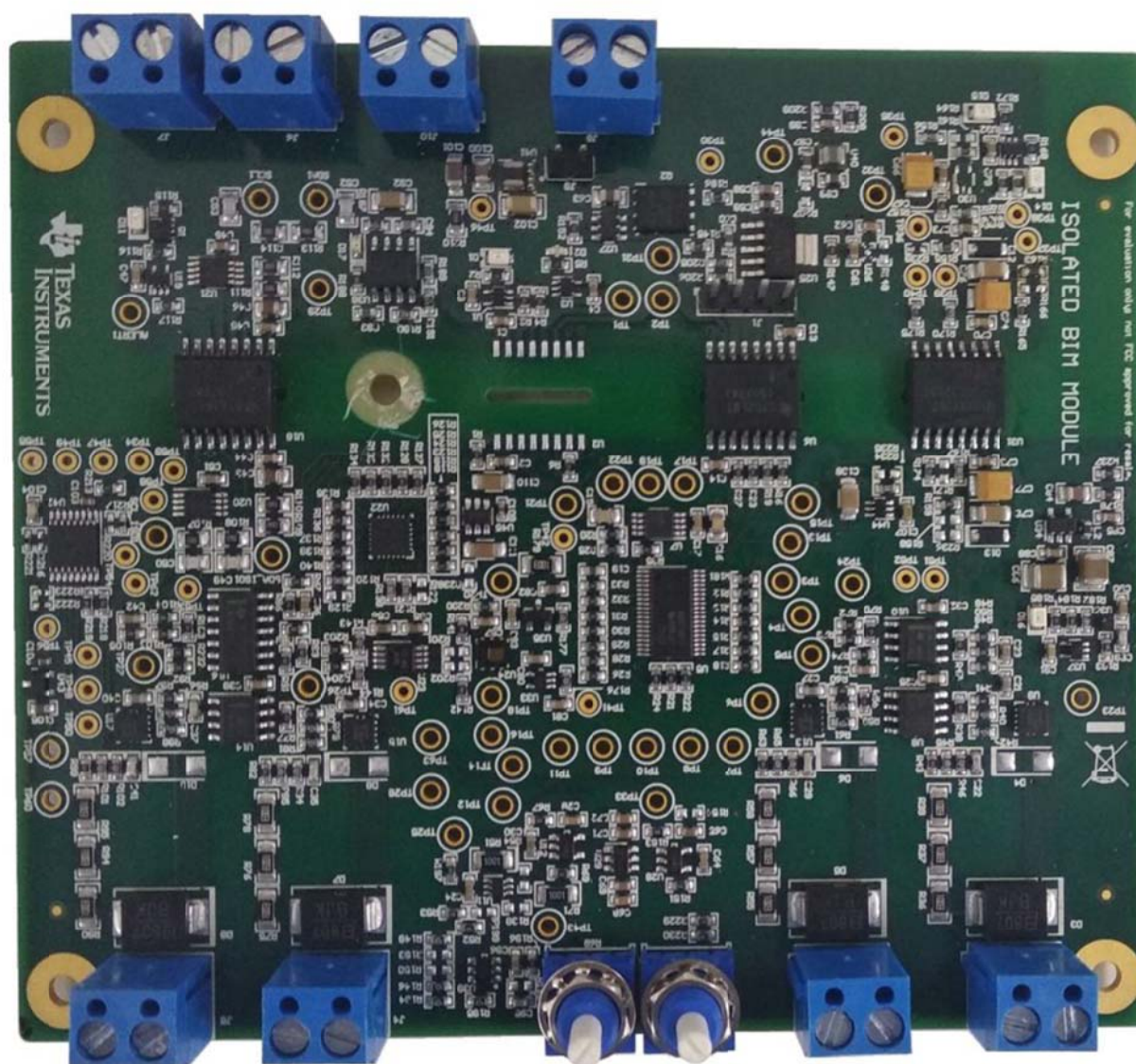
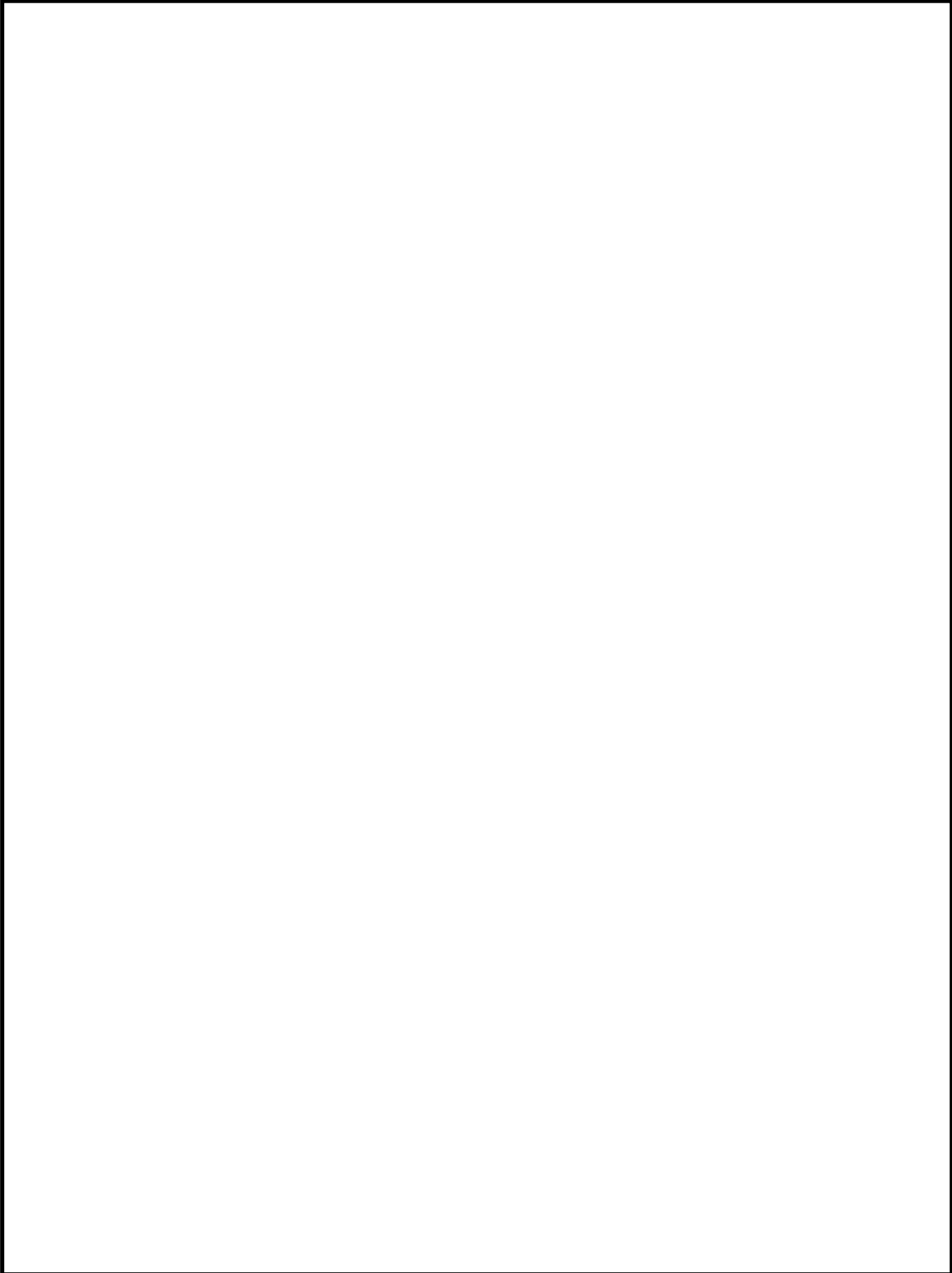


Рисунок 1.9 – Зовнішній вигляд

Схема відрізняється простотою реалізації, але до головного недоліка даного рішення, за рахунок використання саме цифрової ізоляції, слід віднести необхідність наявності спільної «землі» у входних каналів. Наприклад, при вимірюванні лінійних напруг трифазної мережі спільної точки у всіх трьох каналів не існує і використання схеми на не можливе.

					171.6321M.KP.ПЗ.P1	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		34



					171.6321М.КР.ПЗ.Р2				
					СХЕМОТЕХНІКА ПРИСТРОЮ				
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					
Розробник		Стужук І. І.							
Консультант									
Н. контр.		Добрінова Л. П.							
Керівник		Трибулькевич С. Л.			Літ.		Арк.	Аркуші	
Зав. каф.		Рябенський В. М.					35		
					НУК імені адмірала Макарова				

РОЗДІЛ 2. СХЕМОТЕХНІКА ПРИСТРОЮ

2.1. Структурна схема

Структурна схема системи з урахуванням вказаних недоліків наведена на рис. 2.1.

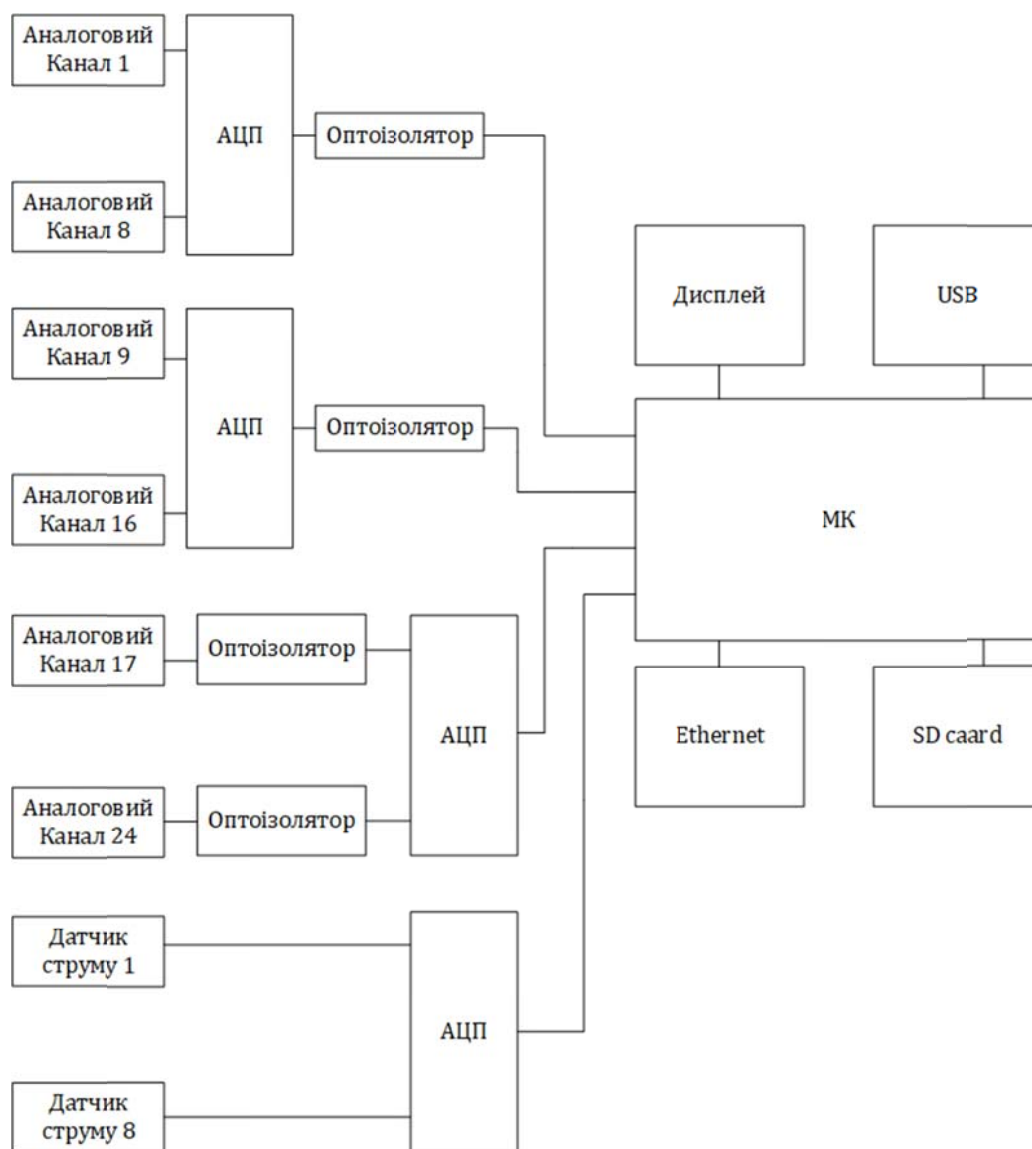


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи

Канали 1-8 та 9-16 мають свої спільні «землі» та ізольовані від мікроконтролера за рахунок цифрової ізоляції аналогічно рішенням Texas

Instruments. Канали 17-24 ізолювані один від одного та від мікроконтролера за рахунок використання лінійних оптопар у схемних рішеннях підсилювачів аналогових сигналів. Дане рішення ускладнює конструкцію та вимагає окремого джерела живлення для кожного підсилювального каналу.

Структурна схема каналів 17-24 наведена на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Структурна схема ізолюваних каналів

Канал складається із вхідного атенюатора, активного фільтру, підсилювача-суматора для зсуву сигналу, оптичної розв'язки, підсилювача-повторювача та ізолюваного DC/DC перетворювача для живлення частини схеми, що гальванічно зв'язана з вхідним сигналом.

Канали вимірювання струму будуються на датчика на ефекті Холу та не вимагають ізоляції від мікроконтролера.

2.2. Принципові схеми

2.2.1. Схема обробки вхідного сигналу

Схема представлена на рис. 2.3. Представляє собою дільник напруги, який розраховується на необхідний коефіцієнт послаблення вхідної напруги для приведення її до рівня 0..+5 В. Для зменшення вихідного опору схеми дільника використовується повторювач на операційному підсилювачі.

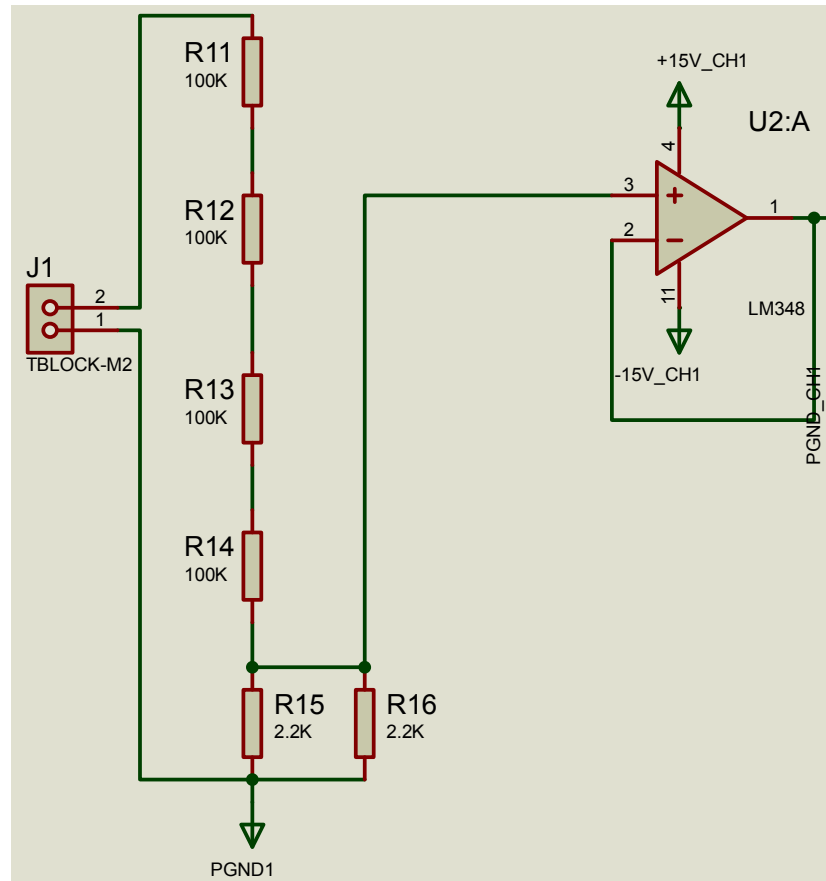


Рисунок 2.3 – Схема обробки вхідного сигналу

На рис. 2.4 показана схема зсуву вхідної напруги. Представляє собою схему віднімання великої кількості сигналів на операційному підсилювачі. Сигнал після атенюатора (рис. 2.2) подається на вхід віднімача разом з напругою зсуву 2.5В, яка формується допомогою джерела опорної напруги. TL431 є регульованим стабілізатором напруги і струму, який в джерелах живлення виступає в якості «джерела опорної напруги».

Головною особливістю TL431 є наявність стабільних технічних характеристик за різних температур. Діапазон вихідної напруги знаходиться в межах від 2,5 до 35 В. Регулюється вихідна напруга постійного струму за допомогою 2 зовнішніх резисторів. Також особливостями даної мікросхеми є стабільна точність, яка залежить від температури навколишнього середовища, невелика вартість і дуже мала кількість шумів на виході стабілізатора. Точність опорного джерела напруги становить 1%. Даний

					171.6321M.KP.ПЗ.P2	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		38

Останній блок системи обробки сигналу являє собою активний фільтр нижніх частот (рис. 2.5). Фільтр Саллена – Кі – один з типів активних електронних фільтрів 2-го порядку. Реалізується у вигляді електронної схеми з двома резисторами, двома конденсаторами та активним елементом (наприклад, з операційним підсилювачем), які разом утворюють фільтр з передавальною функцією другого порядку. Описана схема також відома як VCVS-фільтр (англ. voltage-controlled voltage source) – джерело напруги, кероване напругою – ДНКН. Іноді її називають «фільтром з багатопетлевым зворотним зв'язком».

Якщо фільтрація сигналу не потрібна конденсатори не встановлюються, а резистори R17 – R19 встановлюються «нульового» опору, R20 не встановлюється. Тоді схема буде являти собою повторювач напруги.

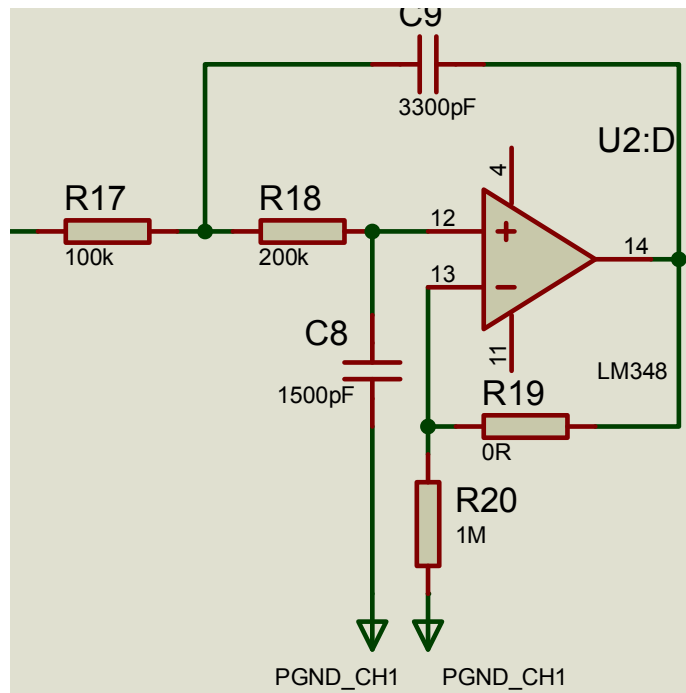


Рисунок 2.5 – Фільтрація сигналу

Гальванічна ізоляція забезпечується за рахунок прецизійної оптопари HCNR200 (рис. 2.6). Схема являє собою однополярний ізольований підсилювач (рис. 2.7, а), використано схемні рішення за рекомендаціями Vishay Semiconductors. За рахунок того, що сигнал вже зсуното на 2,5 В та доведено до рівнів 0..+5 В, немає необхідності використовувати біполярний ізольований підсилювач (рис. 2.7, б).

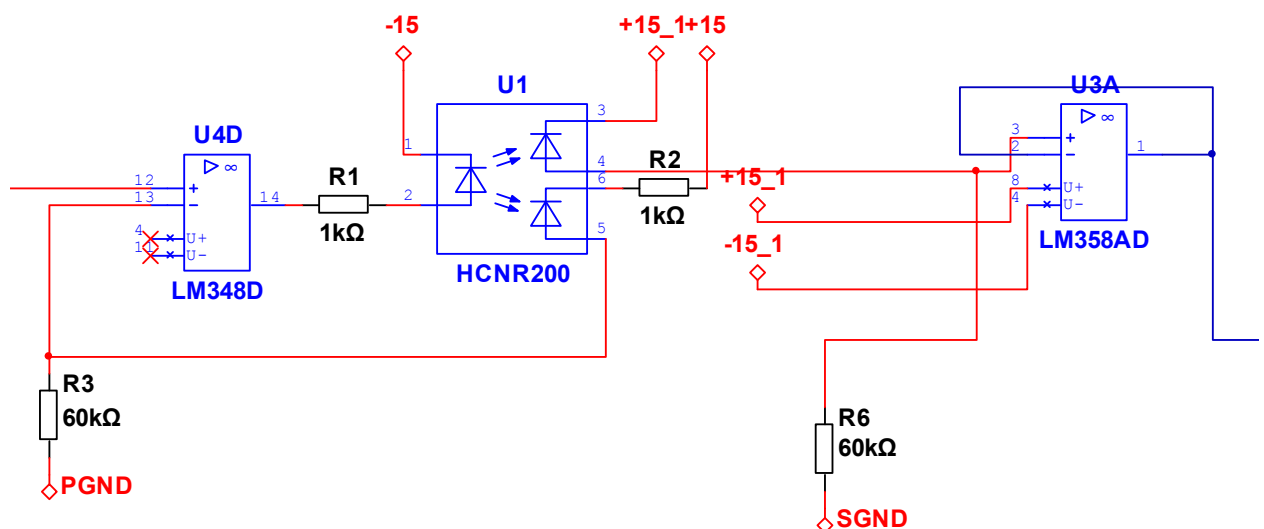
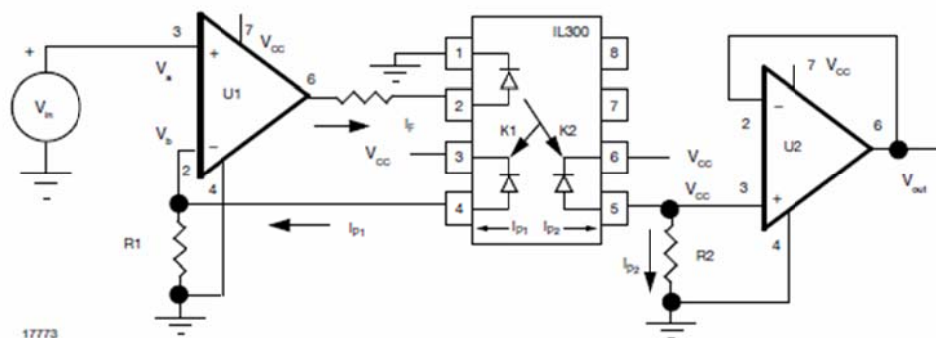


Рисунок 2.6 – Оптична ізоляція

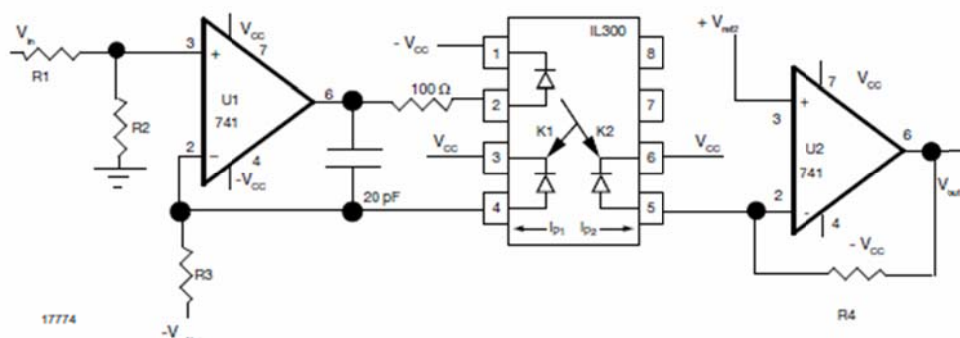
Коефіцієнт підсилення цього підсилювача описується відомою формулою $V_{out}/V_{in} = G = K_3 \times (R_2/R_1)$. R_1 встановлює діапазон вхідного сигналу разом з коефіцієнтом сервопідсилення та максимальним вихідним струмом, I_o , який може забезпечити U_1 .

Вихідна секція підсилювача є повторювачем напруги. Вихідна напруга дорівнює напрузі, створеній вихідним фотострумом, помноженим на резистор навантаження фотодіода, R_2 . Цей резистор використовується для встановлення загального коефіцієнта підсилення підсилювача. Цей підсилювач умовно стабільний для заданих значень R_1 .

Якщо R_1 збільшується понад 10 кОм, може знадобитися частотна компенсація U_1 . Це робиться шляхом розміщення невеликого конденсатора від виходу U_1 до його інвертуючого входу. Використовуючи операційний підсилювач 741 і легко забезпечить смугу пропускання 100 кГц або більше.



а)



б)

Рисунок 2.7. – Однополярний (а) та двополярний (б) оптоізольовані підсилювачі

2.2.2. Джерела живлення

Схема гальванічно ізолюваних джерел живлення показана на рис. 2.8.

DC/DC перетворювачі серії URA_YMD-10WR3 та URB_YMD-10WR3 – це ізолювані DC-DC перетворювачі потужністю, що характеризуються надшироким діапазоном вхідної напруги 4:1 з ефективністю до 88%, ізоляцією між входом та виходом 1500 В постійного струму, діапазоном робочих температур навколишнього середовища від -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$, захистом від зниженої вхідної напруги, захистом від короткого замикання на виході, захистом від перевантаження по струму та захистом від перенапруги. Вони відповідають класу А стандартів електромагнітної сумісності CISPR32/EN55032 без зовнішніх компонентів, пропонуються додаткові варіанти корпусу для монтажу на шасі або DIN-рейку (A2S, A4S), що додають додатковий захист від зворотної полярності на вході, і вони широко використовуються в таких застосуваннях, як промисловий контроль, електроенергетика, прилади, комунікації та залізничні застосування.

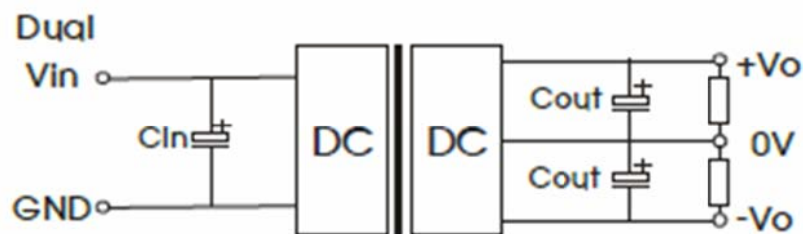


Рисунок 2.8 – Джерела живлення підсилювачів ізолюваних каналів

2.2.3. АЦП

Схема модулів АЦП наведена на рис. 2.9. MCP3208 – це 12-бітний 8-канальний аналого-цифровий перетворювач (АЦП) на основі послідовного наближення (SAR). АЦП має інтерфейс SPI, який можна використовувати для зв'язку з контролером. У цьому з'єднанні мікроконтролер є головним (master), а АЦП – підлеглим (slave).

MCP3208 програмується для забезпечення чотирьох псевдодиференціальних пар входів або восьми однополярних входів. Диференційна нелінійність (DNL) задана на рівні ± 1 молодший значущий біт (LSB), тоді як інтегральна нелінійність (INL) пропонується у версіях ± 1 LSB (MCP3204/3208-B) та ± 2 LSB (MCP3204/3208-C).

Зв'язок з пристроями здійснюється за допомогою простого послідовного інтерфейсу, сумісного з протоколом SPI. Пристрої здатні забезпечувати швидкість перетворення до 100 тис. вимірювань за секунду (ksps). Пристрої MCP3204/3208 працюють у широкому діапазоні напруг (2,7 В - 5,5 В).

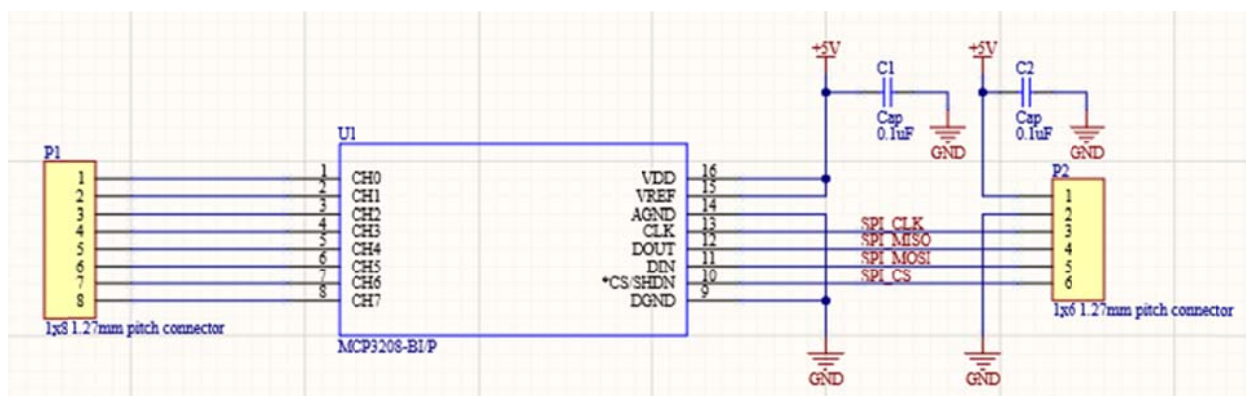


Рисунок 2.9 – Канали АЦП

2.2.4. Інтерфейс USB

Для перетворювача UART – USB використовується мікросхема FT232RL. Серед основних переваг цієї мікросхеми слід відзначити: функціональність, якісні драйвери, легкість монтажу і мінімум необхідної обв'язки). Принципова схема модуля наведена на рис. 2.10.

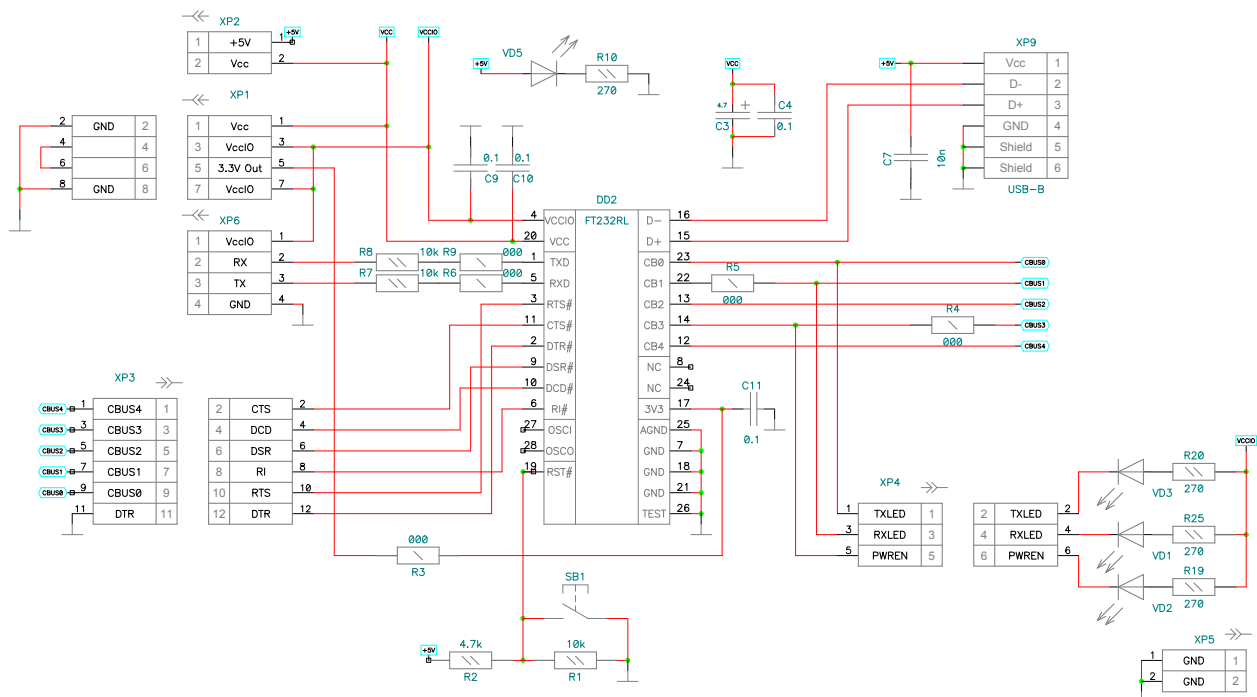


Рисунок 2.10 – Модуль UART – USB

FT232R – це інтерфейс USB-до-послідовного UART з опціональним виходом генератора тактової частоти та новою функцією захисного ключа FTDIChip-ID™. Крім того, доступні асинхронний та синхронний режими бітового "перекидання" (bit bang). Розробка інтерфейсів USB-до-послідовного зв'язку з використанням FT232R ще більше спростилася завдяки повній інтеграції зовнішньої EEPROM, схеми тактування та USB-резисторів на кристалі.

FT232R додає дві нові функції порівняно зі своїми попередниками, фактично роблячи його чипом "3-в-1" для деяких сфер застосування. Внутрішньо згенерована тактова частота (6 МГц, 12 МГц, 24 МГц та 48 МГц) може бути виведена з пристрою та використана для керування мікроконтролером або зовнішньою логікою. Унікальний номер (FTDIChip-ID™) записується в пристрій під час виробництва та зчитується через USB, таким чином формуючи основу захисного ключа, який можна використовувати для захисту програмного забезпечення клієнта від копіювання.

Швидкість передачі даних від 300 бод до 3 мегабод (RS422 / RS485 та на рівнях TTL) та від 300 бод до 1 мегабод (RS232).

2.2.5. Мікроконтролер та відображення інформації

Схема мікроконтролерної частини наведена на рис. 2.11. Головний мікроконтролер ATmega128 – 8-бітні мікроконтролери прогресивної архітектури RISC. Відносяться до родини megaAVR та належать до архітектури AVR розробленої компанією Atmel.

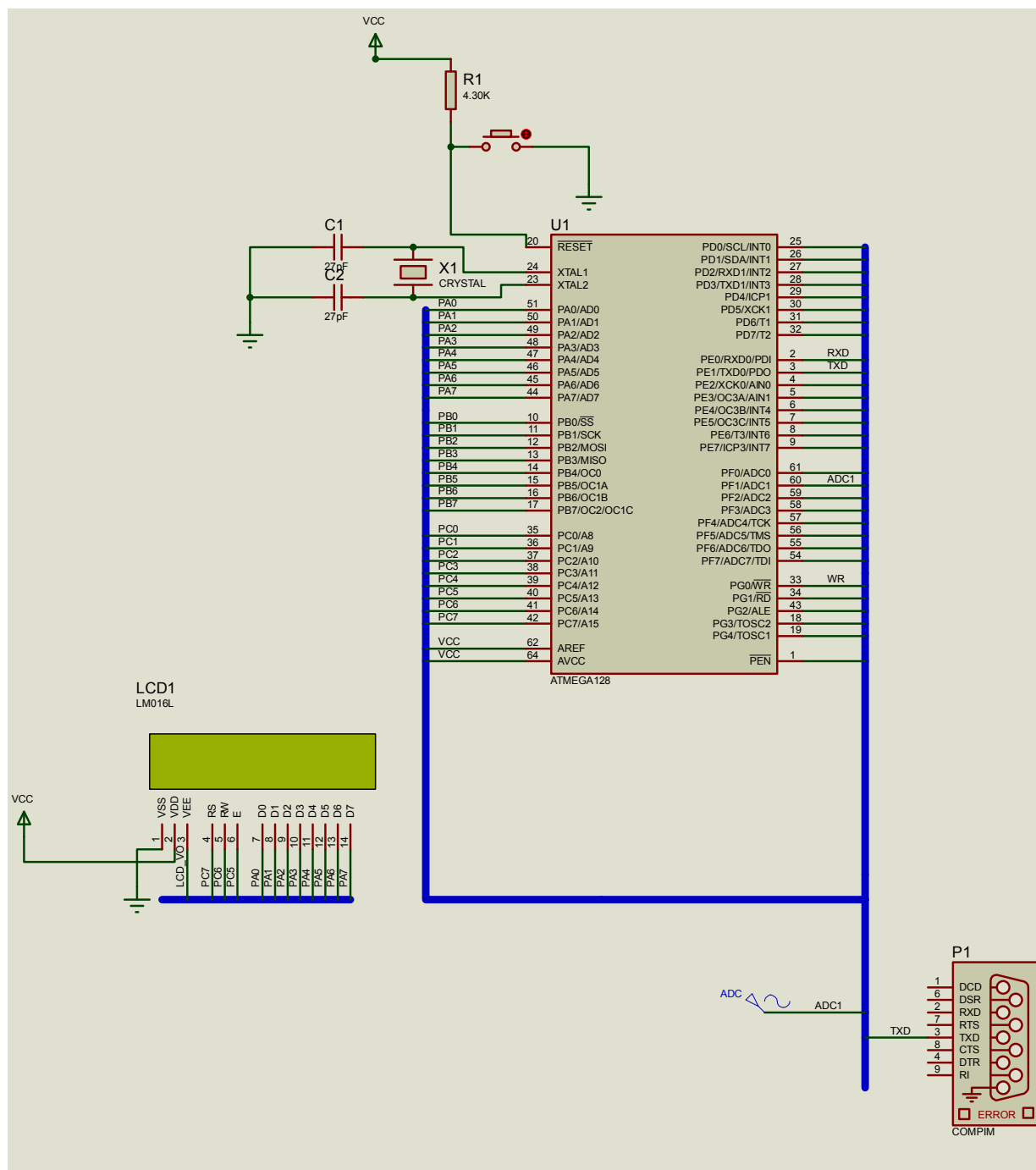


Рисунок 2.11 – Мікроконтролерний модуль

2.2.6. Ethernet

Принципова схема модуля наведена на рис. 2.12. В основу схеми покладено ENC28J60 – Ethernet-адаптер (простіше кажучи, «мережева карта») на одному чипі, розроблений компанією Microchip. Мікросхема не вимагає для роботи багато обв'язки із зовнішніх компонентів, до МК підключається за допомогою SPI, повністю відповідає специфікації IEEE 802.3.

Живлення мікросхеми – 3.3 В. Для роботи від 5 В використовується лінійний стабілізатор на мікросхемі DA1. Вибір напруги живлення модуля виконується за допомогою перемички на розніманні XP1.

Модуль А1 – спеціальні Ethernet-фільтри (Ethernet magnetics). Являють собою систему з кількох котушок на феритових кільцях. Вони потрібні для розв'язки та захисту від статички.

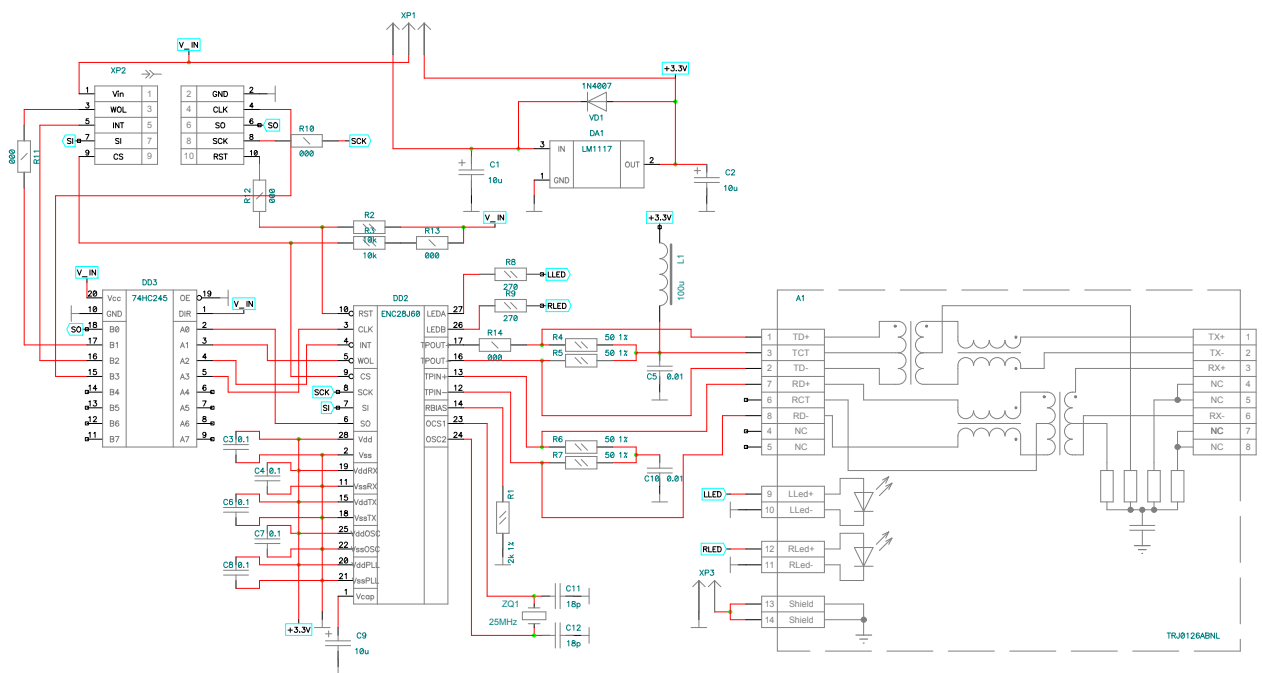


Рисунок 2.12 – Ethernet

ENC28J60 автоматично визначає полярність підключених світлодіодів. Причому полярність світлодіода, підключеного до виводу LEDB впливає на дуплексний режим роботи мікросхеми. Якщо світлодіод підключено катодом

до мікросхеми, ENC28J60 ініціалізується в повнодуплексному режимі. Відповідно, якщо підключений анодом – то в напівдуплексном. Якщо світлодіод не підключений – стан не визначено. Втім, дуплексний режим можна змінити при ініціалізації.

Лінії даних ENC28J60 є 3,3-вольтовими, проте входи мікросхеми сумісні з 5-вольтовими TTL рівнями. При роботі з 5-ти вольтовими контролерами сигнали від мікроконтролеру до ENC28J60 подаються напряму, а від ENC28J60 до мікроконтролера через перетворювач рівнів на 8-розрядному прийомо-передавачі шини DD3.

					171.6321M.KP.ПЗ.Р2	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ			
					НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ			
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата				
Розробник		Стужук І. І.						
Консультант								
Н. контр.		Добрінова Л. П.						
Керівник		Трибулькевич С. Л.			НУК імені адмірала Макарова			
Зав. каф.		Рябенський В. М.						
					Літ.		Арк.	Аркуші
							48	

РОЗДІЛ 3. НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ

Випробування проводилися у середовищах схемотехнічного моделювання NI Multisim та Proteus.

3.1. Вхідний атенюатор

Схема моделювання роботи вхідного атенюатора показано на рис. 3.1

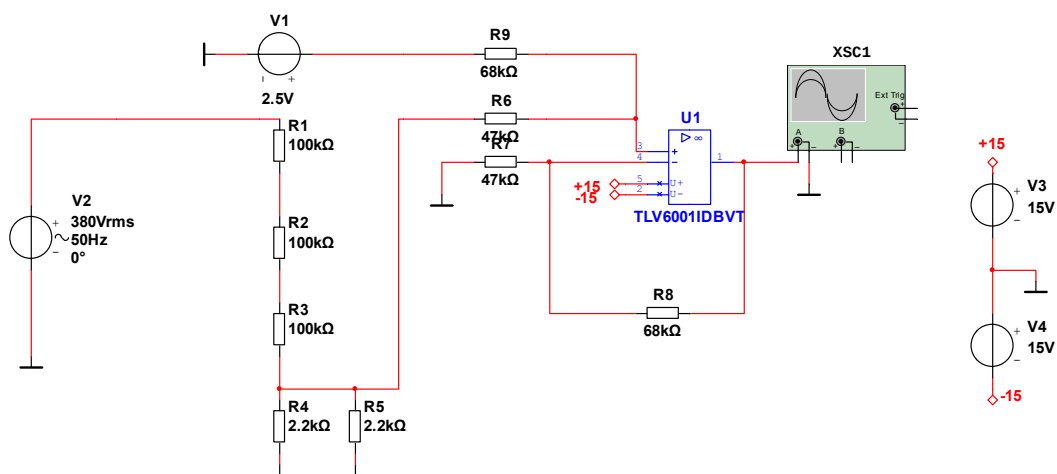


Рисунок 3.1 – Вхідний атенюатор

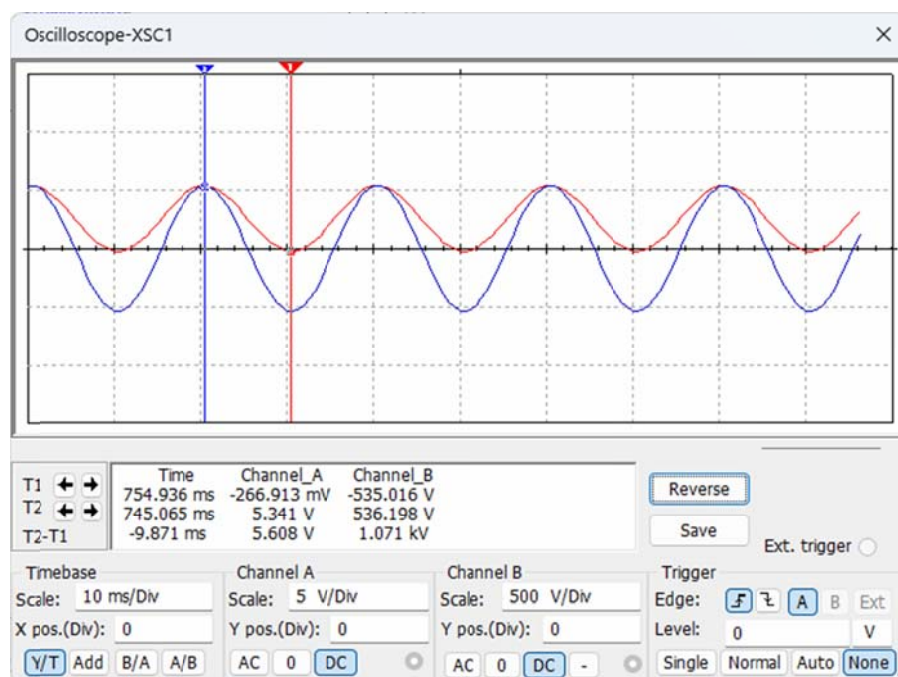


Рисунок 3.2 – Результати моделювання

Результати моделювання показано на рис. 3.2. Вхідний сигнал представляє собою лінійну напругу мережі 380 В, вихідний сигнал зсуното на 2,5 В та обмежено рівнями 0..+5 В, сумісними з входом АЦП.

3.2. Фільтрація та оптична розв'язка

Схема моделювання роботи фільтрації та оптичної розв'язки показано на рис. 3.3.

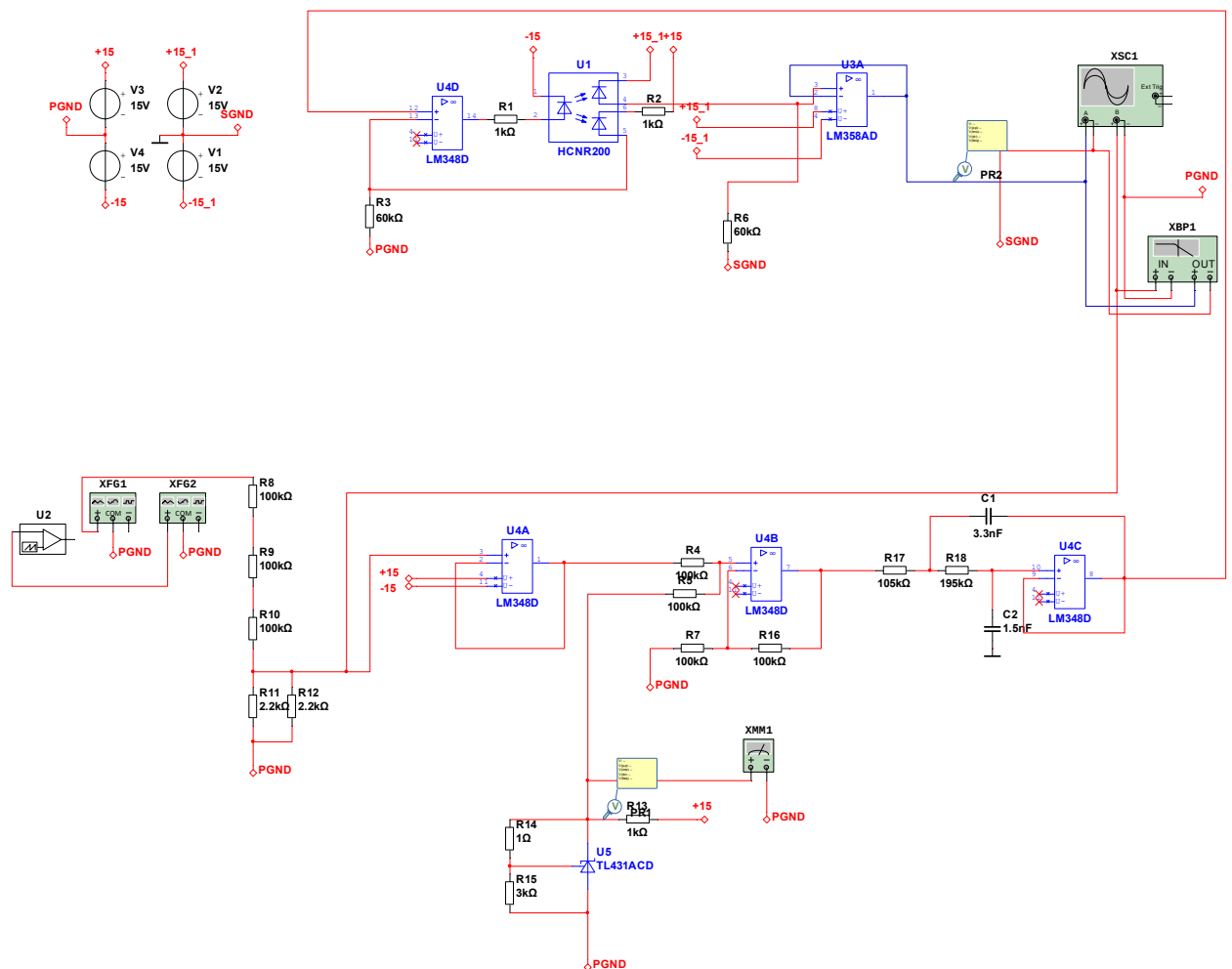


Рисунок 3.3 – Схема фільтрації та оптичної розв'язки

Результати моделювання показано на рис. 3.4. Вхідний сигнал представляє собою фазну напругу мережі 380 В, на осцилограмі показано

сигнали після атенюатора та після зсуву на 2,5 В, фільтрації та оптичної розв'язки.

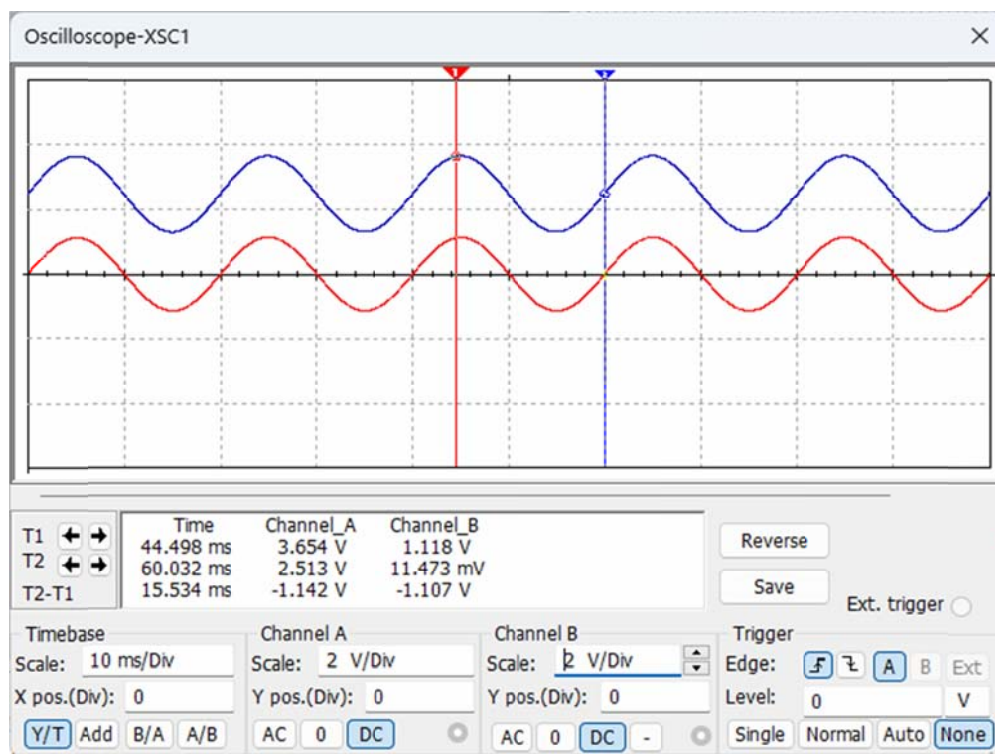


Рисунок 3.4 – Результати моделювання



Рисунок 3.5 – Результати моделювання

На рис. 3.5 показано результати моделювання, коли вхідний сигнал представляє собою фазну напругу ШІМ синусоїдального сигналу 220 В, 50 Гц з несучою частотою 10 кГц. На осцилограмі показано сигнали після атенюатора та після зсуву на 2,5 В, фільтрації та оптичної розв'язки.

3.3. Моделювання програмної частини

Спрощена схема моделювання у Proteus наведена на рис. 3.6.

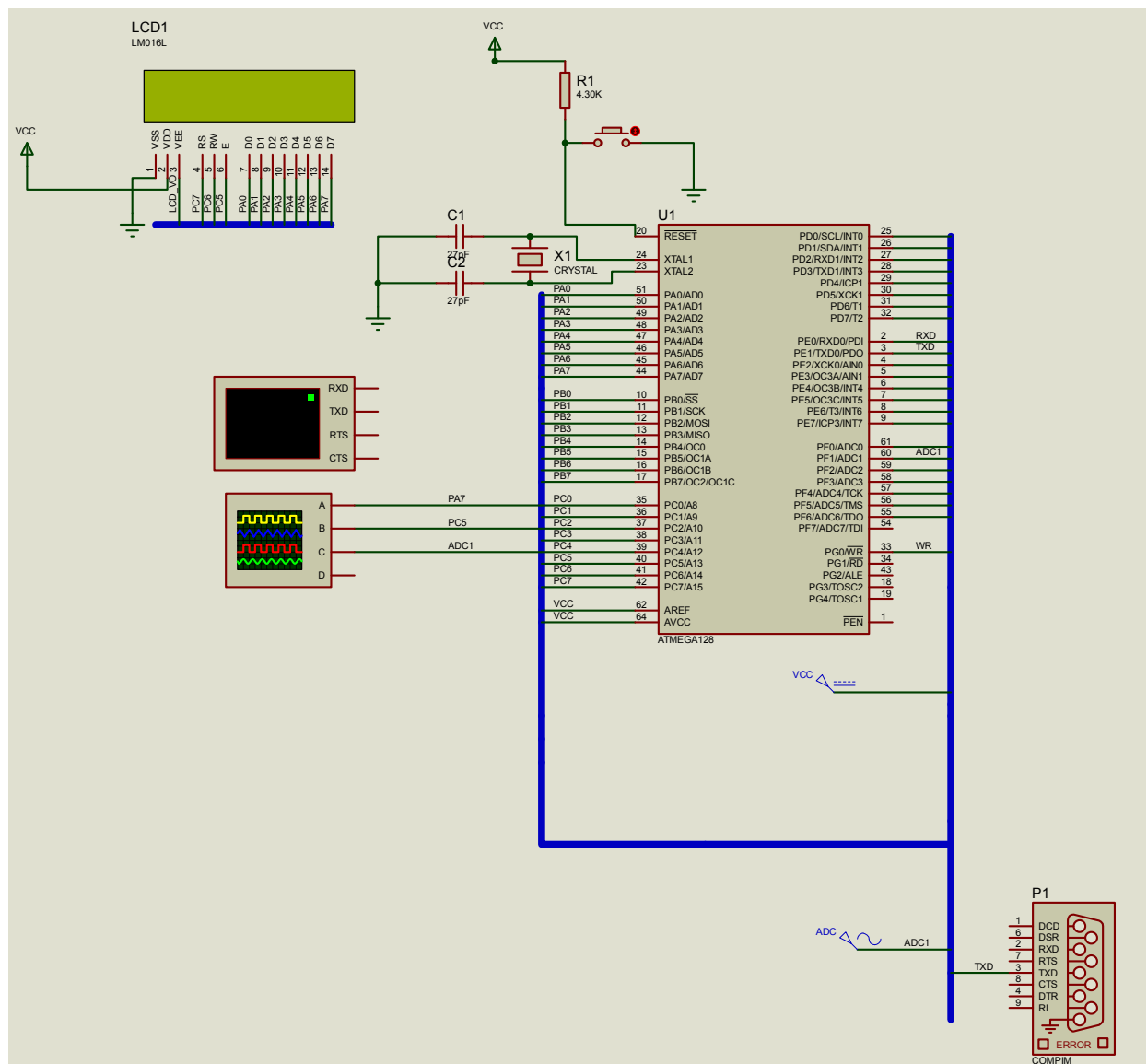


Рисунок 3.7 – Моделювання програмної частини

Для перевірки системи передачі даних створено віртуальну пару послідовних портів (рис. 3.8) за допомогою програмного забезпечення

com0com, це програмне забезпечення з відкритим кодом для створення віртуальних послідовних портів у Windows. Воно дозволяє програмам обмінюватися даними через пари віртуальних COM-портів, ніби вони з'єднані нуль-модемним кабелем. com0com корисний для тестування, налагодження та емуляції послідовного зв'язку між різними програмами або пристроями.

```
command> install PortName=COM2 PortName=COM4
          CNCA0 PortName=COM2
          CNCB0 PortName=COM4
ComDB: COM2 - logged as "in use"
ComDB: COM4 - logged as "in use"
command>
```

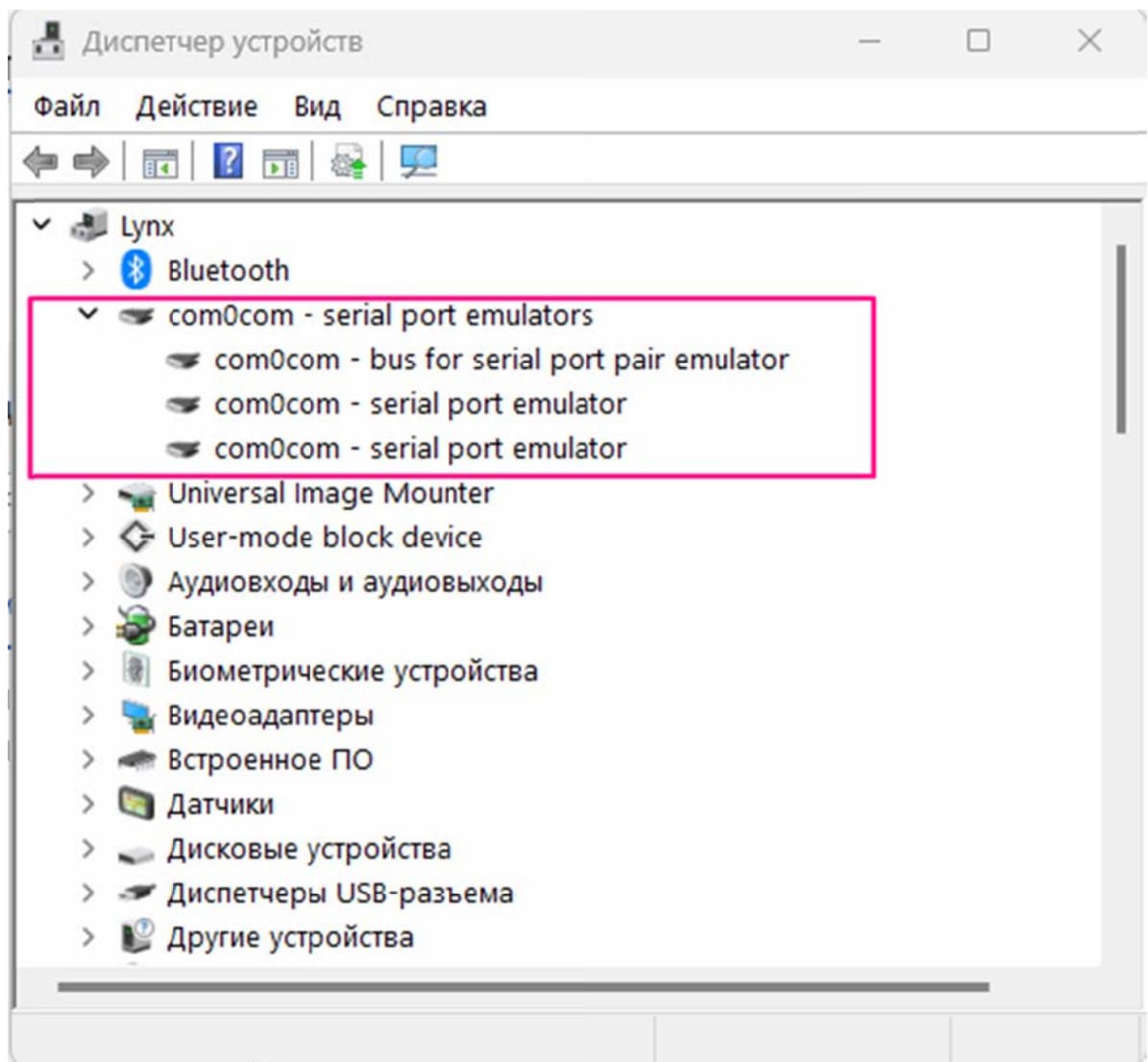


Рисунок 3.8 – Створення віртуальних портів

На приймальній стороні прийом даних здійснювався термінальним програмним забезпеченням Terminalb (рис. 3.9). Програма Terminal by br@y – це проста утиліта для емуляції терміналу послідовного порту (COM). Вона дозволяє відправляти та отримувати дані через COM-порти комп'ютера, що робить її корисною для налагодження та тестування зв'язку з різними пристроями, такими як модеми, мікроконтролери, GSM-модулі тощо. Terminal by br@y також надає можливість записувати лог роботи в файл, що зручно для аналізу даних.

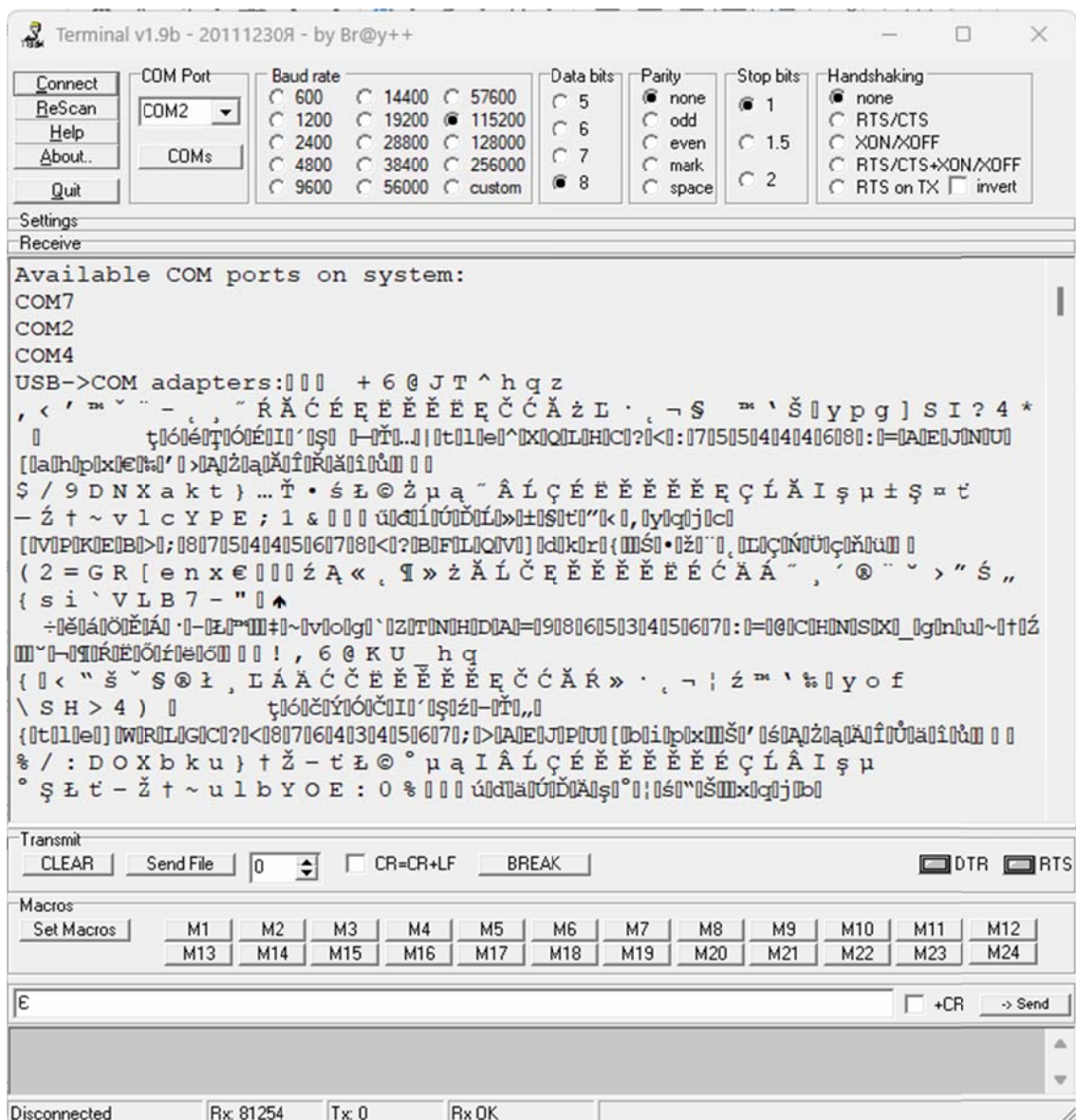


Рисунок 3.9 – Приймання даних

Як можна побачити стандартне термінальне програмне забезпечення не підходить для візуалізації даних які передаються не в текстовому, а в бінарному форматі. Для візуалізації даних можна використати програмне забезпечення SerialPort 0.12 (рис. 3.10). SerialPlot приймає 3 різних типи вхідних даних:

- простий бінарний потік, підтримує різні формати чисел (беззнакові/знакові - 8/16/32 біти та з плаваючою крапкою);
- дані ASCII у форматі CSV;
- визначений користувачем формат власного кадру (байт початку кадру, розмір кадру, контрольна сума тощо).

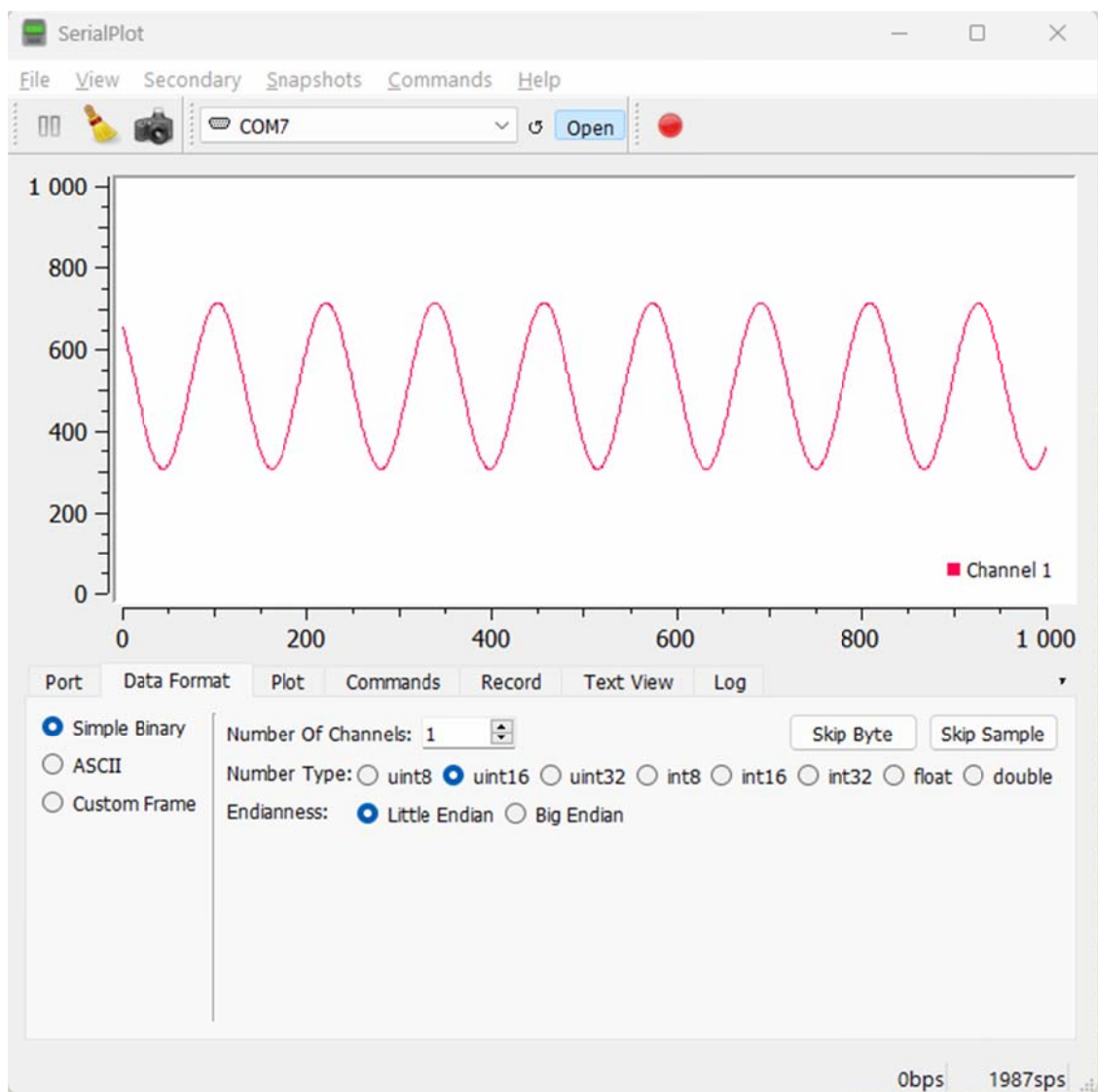


Рисунок 3.10 – Приймання даних

Як можна побачити, швидкостей передачі даних цілком вистачає для візуалізації синусоїдальних сигналів з частотою до 1кГц.

Можна робити знімки поточного вигляду та зберігати їх у файлах CSV. Ви також можете завантажувати їх назад із файлів CSV для зручного перегляду. Користувач також може визначати "команди" для відправлення на пристрій через послідовний порт одним кліком. Команди можна визначити у форматі HEX або ASCII.

На бічній панелі ви можете знайти посилання для завантаження під Linux та Windows, а також вихідний код.[7]

Окрім того так ПЗ як MATLAB надає потужні інструменти для прийому даних через послідовний порт RS232 та їх подальшої візуалізації. Функція serial дозволяє встановити з'єднання з портом, налаштувати параметри зв'язку, такі як швидкість передачі та парність. Дані, отримані з порту, можуть бути зчитані за допомогою функцій fread або fscanf та збережені у змінні MATLAB. Після цього, використовуючи графічні функції MATLAB, такі як plot, stem, bar або imagesc, можна створити різноманітні візуалізації даних, включаючи графіки, діаграми та зображення. Instrument Control Toolbox додатково розширює можливості роботи з послідовними портами, надаючи зручні графічні інтерфейси та функції для керування пристроями.

					171.6321M.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4				
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ПРИКЛАД ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ НА БАЗІ РОЗРОБЛЕНОГО	Літ.	Арк.	Аркуші	
Розробник		Стужук І. І.						57	
Консультант									
Н. контр.		Добрінова Л. П.				НУК імені адмірала Макарова			
Керівник		Трибулькевич С. Л.							
Зав. каф.		Рябенський В. М.							

РОЗДІЛ 4. ПРИКЛАД ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ НА БАЗІ РОЗРОБЛЕНОГО ОБЛАДНАННЯ

Лабораторна робота «Розробка та налагодження простих мікроконтролерних систем збирання даних»

Мета роботи: отримання практичних навичок проектування, програмування та налагодження систем, що використовують мікроконтролери для збору даних з аналогових та/або цифрових датчиків.

Цілі лабораторної роботи включають:

- Ознайомлення з апаратною платформою. Вивчення архітектури мікроконтролера, периферійних пристроїв, таких як АЦП (аналого-цифровий перетворювач), порти вводу/виводу, таймери/лічильники, та інтерфейсів зв'язку (наприклад, UART, SPI, I2C).

- Програмування мікроконтролера. Написання програм на мові C або асемблері для керування периферією мікроконтролера, зчитування даних з датчиків, обробки отриманих даних та передачі їх на зовнішній пристрій (комп'ютер, дисплей тощо).

- Робота з датчиками. Підключення різних типів датчиків (температури, вологості, освітленості, тиску тощо) до мікроконтролера та зчитування їхніх показників.

- Обробка та фільтрація даних. Застосування алгоритмів цифрової обробки сигналів для фільтрації шумів, лінеаризації даних та інших операцій.

- Передача даних. Реалізація передачі даних з мікроконтролера на комп'ютер або інший пристрій за допомогою різних інтерфейсів зв'язку.

- Налagodження та тестування. Використання інструментів налагодження (емулятори, відладчики) для пошуку та виправлення помилок у програмі та перевірки працездатності системи в цілому.

- Візуалізація даних. Представлення отриманих даних у графічному вигляді за допомогою програмного забезпечення на комп'ютері (наприклад, MATLAB, LabVIEW, Processing).

					171.6321M.KP.ПЗ.P4	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

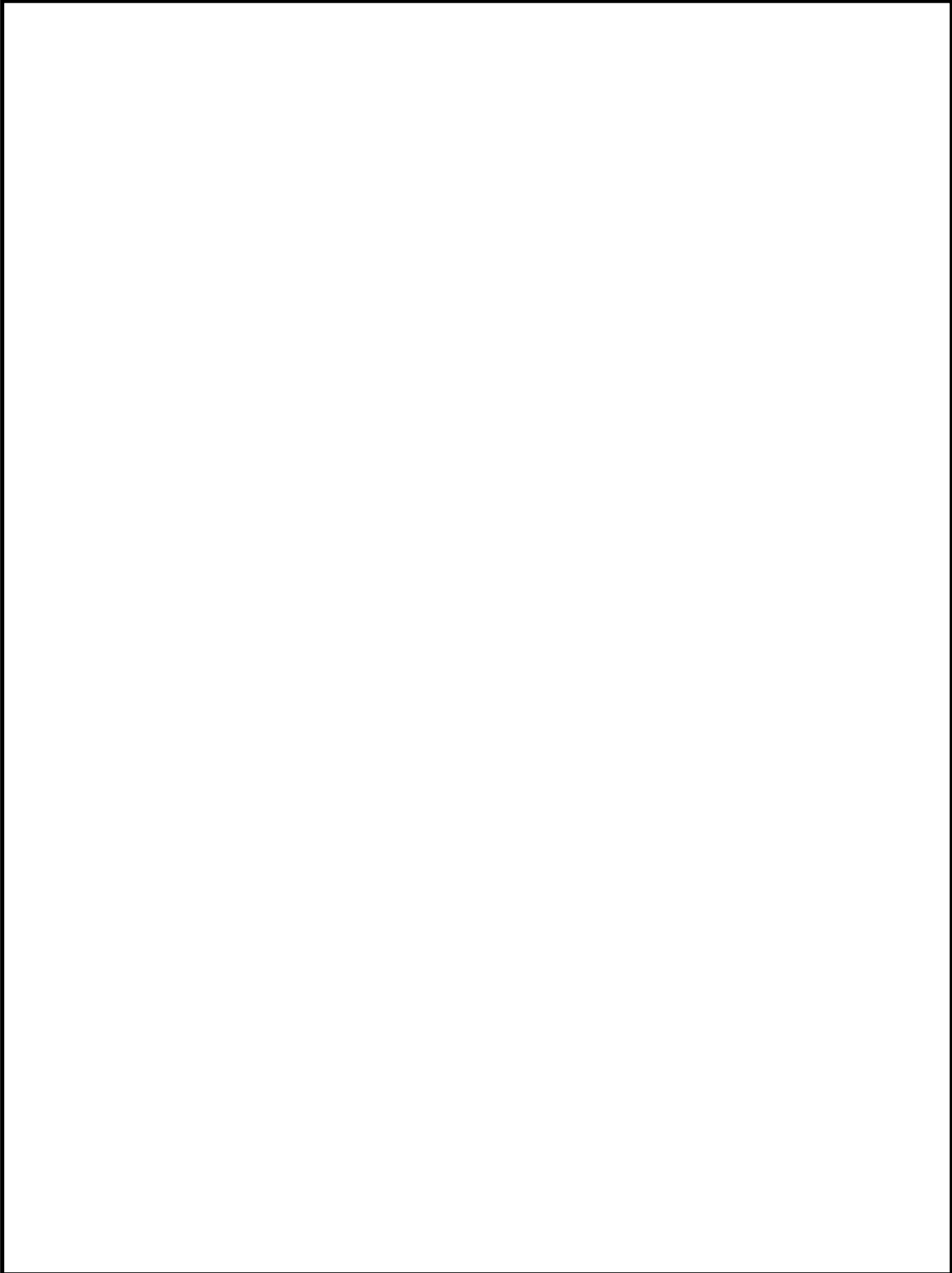
В результаті виконання лабораторної роботи студент повинен:

- Розуміти принципи побудови мікроконтролерних систем збору даних.
- Вміти програмувати мікроконтролери для роботи з різними типами датчиків.
- Вміти використовувати інструменти налагодження та тестування мікроконтролерних систем.
- Вміти обробляти та візуалізувати отримані дані.

Завдання на лабораторну роботу:

1. Вивчити принципи роботи систем збирання даних.
2. Скласти схему у середовищі схемотехнічного моделювання.
3. Скласти програму для мікроконтролера, що буде приймати дані через АЦП та передавати їх до ПК.
4. Налаштувати віртуальні послідовні порту у системі для прийому та передачі даних.
5. Виконати прийом даних у різних форматах на стороні ПК
6. Дослідити швидкості передачі та затримки в залежності від формату даних, що передаються.
7. Виконати візуалізацію даних у реальному часі.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		



					171.6321М.КР.ПЗ.Р5			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробник		Стужук І. І.			ОХОРОНА ПРАЦІ	Літ.	Арк.	Аркуші
Консультант		Губальцев А. М.					60	
Н. контр.		Добрінова Л. П.				НУК імені адмірала Макарова		
Керівник		Трибулькевич С. Л.						
Зав. каф.		Рябенський В. М.						

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці являє собою комплекс правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, а також лікувально-профілактичних заходів і засобів, що спрямовані на підтримання здоров'я і працездатності людини в процесі її трудової діяльності.

Основною метою системи управління охороною праці є забезпечення безпеки та збереження здоров'я працівників під час виконання ними робочих завдань. Для досягнення цієї мети реалізуються різні управлінські функції, що являють собою взаємопов'язані заходи, які здійснюються суб'єктом управління з метою впливу на об'єкт управління.

Об'єктом управління в системі охорони праці є робота функціональних служб і структурних підрозділів, відповідальних керівників і технічного персоналу підприємства, спрямована на забезпечення безпечних, нешкідливих та комфортних умов праці на робочих місцях, виробничих ділянках, цехах та на підприємстві в цілому.

Основна мета впровадження системи управління охороною праці полягає в тому, щоб сприяти виконанню вимог, що дозволяють усунути або звести до мінімуму небезпечні і шкідливі фактори виробничого середовища, ізолювати персонал від джерел небезпеки, застосовувати засоби, що запобігають виникненню небезпечних ситуацій, підвищувати технічну безпеку і створювати належні санітарно-гігієнічні та ергономічні умови праці.

Система управління охороною праці передбачає визначення конкретних кількісних показників роботи виробничих підрозділів, підтримка яких на відповідному рівні забезпечує досягнення основної мети – створення безпечних і нешкідливих умов праці.

Відповідно до статті 18 Закону України «Про охорону праці», працівники зобов'язані знати та дотримуватися вимог нормативних актів, що стосуються охорони праці, дотримуватися правил експлуатації машин,

					171.6321М.КР.ПЗ.Р5	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, користуватися засобами колективного й індивідуального захисту, а також своєчасно проходити попередні й періодичні медичні огляди.

Дія Закону «Про охорону праці» поширюється на всі підприємства, установи та організації незалежно від форм власності і видів їхньої діяльності, а також на всіх працюючих осіб, залучених до трудової діяльності на цих підприємствах. Для забезпечення належної охорони праці активно впроваджуються науково-технічні досягнення, зокрема автоматизація небезпечних і шкідливих виробничих процесів, застосування нових безпечних матеріалів, конструктивних рішень та сучасних засобів захисту. Окрім цього, збереження здоров'я працівників допомагає зменшити витрати на виплату лікарняних листів та гарантує високу продуктивність праці. Таким чином, охорона здоров'я працівників сприяє збереженню майбутнього держави.

5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на людину при розробці системи

5.1.1. У приміщеннях, де передбачено розробку, виготовлення та тестування системи, можуть виникати такі небезпечні та шкідливі фактори:

- підвищений ризик ураження електричним струмом;
- підвищена пожежна безпека;
- шкідливе електромагнітне випромінювання;
- тривала робота за комп'ютером;
- недостатній рівень освітленості.

Одним із найбільш поширених небезпечних виробничих факторів є електричний струм. Його вплив на живу тканину організму людини має різні форми і проявляється як термічний, електролітичний, механічний і біологічний ефекти.

					171.6321M.KP.ПЗ.P5	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Термічний ефект струму викликає опіки окремих частин тіла та нагрівання до високих температур органів, розташованих на шляху проходження струму, що може призвести до серйозних функціональних порушень. Електролітична дія струму полягає в розкладанні органічних рідин, у тому числі крові, з порушенням їхнього фізико-хімічного складу. Механічна дія струму призводить до розшарування і розриву тканин тіла внаслідок електродинамічного ефекту, а також миттєвого вибухоподібного утворення пари з рідин.

Біологічний ефект струму проявляється у вигляді подразнення та порушення життєдіяльності живих тканин організму і порушення внутрішніх біологічних процесів.

Допустимим вважається струм, при якому людина може самостійно відірватися від електричного кола. Його значення залежить від часу проходження струму через тіло людини: при тривалості понад 10 секунд допустимий струм складає 2 мА, а при короточасному впливі (менше 1 секунди) – 6 мА. Струм, при якому потерпілий не може самостійно звільнитися від струмопровідних частин, називається «струмом, що не відпускає», і його величина складає від 10 до 20 мА. Змінний струм небезпечніший за постійний, але при високих напругах постійний струм може становити більшу небезпеку.

Пожежі на територіях, де знаходяться підприємства, часто виникають через порушення технологічних процесів, що є досить поширеним явищем. Для запобігання пожежам існують спеціальні нормативні документи, такі як ДСТ 12.1.004-76 «Пожежна безпека» та ДСТ 12.1.010-76 «Вибухобезпека». Тривала робота за комп'ютером також може суттєво вплинути на здоров'я людини, особливо в таких аспектах, як:

– погіршення зору через тривалу роботу за комп'ютером. Як зазначалося раніше, тривала робота з комп'ютером негативно впливає на очі.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р5	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

З'являються нові терміни, які описують захворювання очей, спричинені тривалою роботою за монітором;

- дисплейна хвороба, яка полягає в порушенні акомодатії очей через перенапруження війкового м'яза;

- синдром сухого ока, який виникає через порушення зволоження передньої частини ока (рогівки) слізною рідиною. У нормі людина здійснює більше 20 моргань за хвилину, що забезпечує постійне зволоження та очищення ока. Тривала робота за комп'ютером може призвести до виникнення міопії (короткозорості), далекозорості та навіть глаукоми. Особливо це стосується низькоякісних моніторів із низькою роздільною здатністю;

- захворювання кистей рук. Тривала робота з клавіатурою може стати причиною нервово-м'язових розладів. Пальці, кисті рук та передпліччя виконують основну частину механічної роботи при роботі з комп'ютером. Хоча фізичне навантаження зазвичай невелике, тривалість такої роботи негативно впливає на суглоби;

- захворювання нервової системи. Головний біль є однією з найпоширеніших скарг при тривалій роботі за комп'ютером. Хронічна напруга, постійне перенапруження м'язів обличчя та черепа можуть стати причиною цих симптомів;

- зниження уваги і складнощі з концентрацією. Хронічна втома, що виникає через роботу з комп'ютером, може супроводжуватися шумом у вухах, запамороченням та нудотою. У таких випадках слід звернутися до лікаря і тимчасово припинити роботу з комп'ютером;

- порушення опорно-рухової системи. Тривала робота за комп'ютером може призвести до викривлення хребта або сколіозу, особливо в дітей, у яких хребетний стовп легко деформується. У дорослих можуть виникати грижі міжхребцевих дисків, що спричиняють здавлювання нервових закінчень і радикуліт. Основною причиною цього є неправильна поза під час роботи.

					171.6321M.KP.ПЗ.P5	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Окрім цих проблем, тривале перебування за комп'ютером може спричинити гастрити, виразки шлунка, простатит і навіть безсоння.

5.1.2. Освітленість робочого місця є одним з основних факторів, що впливають на ефективність праці. Рациональне освітлення є необхідним для забезпечення продуктивності та безпеки праці, а також для попередження нещасних випадків і перевтоми працівників. Недостатнє освітлення може спричинити порушення зору, нервову напругу та втому.

Освітлення виробничих приміщень – це один із головних факторів зовнішнього виробничого середовища, що впливає на працівників під час їхньої роботи. Тільки за умови належного освітлення робочих місць можна забезпечити безпеку та високу продуктивність праці.

Низький рівень освітлення та нерівномірний розподіл світла призводять до перевтоми зору, зниження продуктивності праці та можливих нещасних випадків на робочих місцях. Відповідно до чинних норм, рівень освітленості робочих місць має відповідати будівельним нормам та правилам ДБН В 2.5-28-2006.

5.2. Природне освітлення

Природне освітлення – це процес освітлення приміщень за рахунок природного денного світла, яке проникає через вікна та інші світлові отвори в зовнішніх конструкціях будівлі.

Виробничі приміщення мають бути обладнані світловими прорізами, які забезпечують належний рівень природного освітлення. В окремих випадках, таких як проектування конференц-залів, архівів, кіносховищ, підприємств побутового обслуговування, а також коридорів та складських приміщень, дозволяється відсутність природного освітлення.

Природне освітлення класифікується за напрямом проникнення світла в приміщення. Бокове освітлення забезпечується через вікна, розташовані на

					171.6321M.KP.ПЗ.P5	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

стінах будівлі, верхнє – через спеціальні світлові ліхтарі або отвори в стелі, а комбіноване поєднує обидва ці типи освітлення.

Бокове освітлення може бути одностороннім (світло надходить через вікна на одній із зовнішніх стін приміщення) або двостороннім (світло проникає через вікна, розташовані на двох протилежних стінах). Природне освітлення є нестабільним, оскільки його інтенсивність змінюється в залежності від часу доби і пори року. Для його кількісної оцінки використовується коефіцієнт природної освітленості, який визначає відносну освітленість приміщення при природному освітленні.

5.3. Штучне освітлення

Штучне освітлення – це система освітлення приміщень за допомогою штучних джерел світла, таких як електричні лампи різних типів (газорозрядні, лампи розжарювання тощо).

Залежно від конструкції, штучне освітлення поділяється на загальне, місцеве та комбіноване. Загальне освітлення забезпечує рівномірне освітлення приміщення або його зон. Місьцеве освітлення додається до загального і використовується для підсвічування окремих робочих місць. Комбіноване освітлення поєднує загальне і місцеве освітлення для створення оптимальних умов освітленості.

Функціонально штучне освітлення може бути робочим, аварійним, охоронним та черговим. Робоче освітлення призначене для забезпечення належних умов зорової діяльності під час виконання роботи, проходу працівників і руху транспорту. Воно має відповідати нормованим показникам освітленості та яскравості у приміщеннях. Для приміщень з різними умовами природного освітлення може бути передбачено роздільне керування освітленням різних зон.

					171.6321M.KP.ПЗ.P5	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Аварійне освітлення поділяється на освітлення безпеки, яке дозволяє продовжувати роботу під час аварій, та евакуаційне, призначене для безпечної евакуації при відключенні основного освітлення. Аварійні світильники підключаються до окремої електромережі.

Чергове освітлення застосовується в приміщеннях, а охоронне – на територіях підприємств для їх освітлення в нічний час або в неробочі години. Частина світильників робочого або аварійного освітлення може використовуватися для забезпечення чергового освітлення, підтримуючи мінімальний рівень освітленості для чергових працівників.

Джерела штучного освітлення включають:

- лампи розжарювання (загального призначення);
- газорозрядні лампи (високого та низького тиску);
- люмінесцентні лампи низького тиску для освітлення опалюваних приміщень;
- дугові ртутні лампи високого тиску для освітлення високих виробничих приміщень та зовнішніх територій;
- металогалогенні лампи для освітлення територій та приміщень із підвищеними вимогами до освітленості (наприклад, зборка електроніки);
- натрієві лампи високого тиску для приміщень, де виконуються роботи низької точності (грубі роботи);
- світлодіодні лампи для загального та спеціалізованого освітлення.

Методи розрахунку штучного освітлення включають:

- метод коефіцієнта світлового потоку для розрахунку рівномірного загального освітлення горизонтальних поверхонь без затінення;
- точковий метод;
- метод питомої потужності для приблизних розрахунків.

Робоче освітлення забезпечує нормальні зорові умови для виконання робіт і переміщення працівників, підтримуючи освітленість і яскравість на відповідному рівні.

					171.6321M.KP.ПЗ.P5	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

5.4. Заходи щодо техніки безпеки

5.4.1. Забезпечення електробезпеки

Електробезпека на робочому місці забезпечується конструкцією електроустаткування, яке має відповідати умовам експлуатації і захищати працівників від контакту зі струмопровідними частинами. Технічні засоби захисту, а також організаційні заходи забезпечують безпечні умови праці.

Конструкція електрообладнання має гарантувати захист від впливу зовнішніх факторів, таких як проникнення сторонніх предметів або вологи. Організаційні заходи електробезпеки включають навчання персоналу, проведення інструктажів та регулярні медичні огляди для допуску до роботи. Працівники мають дотримуватися особливих вимог при роботі з частинами, що знаходяться під напругою.

5.4.2. Заходи щодо пожежної безпеки

Заходи пожежної безпеки поділяються на організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні.

Організаційні заходи включають правильну експлуатацію машин і обладнання, підтримання чистоти на території підприємства, регулярні інструктажі з пожежної безпеки, створення добровільних пожежних дружин та протипожежних комісій. Технічні заходи передбачають дотримання правил і норм пожежної безпеки під час проектування будівель, проведення електропроводки, встановлення вентиляції та освітлення.

Режимні заходи включають заборону паління у невстановлених місцях, проведення зварювальних та інших вогневих робіт у пожежонебезпечних приміщеннях.

Експлуатаційні заходи передбачають своєчасні профілактичні огляди, ремонти та випробування обладнання для підтримання його в належному стані.

					171.6321M.KP.ПЗ.P5	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

5.4.3. Заходи щодо техніки безпеки при роботі з ПК

Для забезпечення безпеки під час роботи з персональними комп'ютерами необхідно дотримуватися таких рекомендацій:

- встановлювати обмеження на час роботи для осіб з захворюваннями опорно-рухового апарату, очей, а також для вагітних жінок;
- використовувати монітори з високою роздільною здатністю і великим екраном (не менше 15 дюймів);
- вибрати відеоадаптери з частотою оновлення зображення не менше 72 Гц, краще – 85 Гц і вище;
- застосовувати поляризаційні фільтри для моніторів, щоб зменшити шкідливе випромінювання і мерехтіння зображення;
- сидіти не ближче ніж за 70 см від екрана монітора;
- розташовувати робоче місце біля вікна таким чином, щоб кут між вікном і екраном становив не менше 90 градусів для уникнення відблисків, а при необхідності – зашторювати вікно;
- не розміщувати монітор безпосередньо під джерелом освітлення;
- стежити за тим, щоб освітленість робочого місця не перевищувала 2/3 від загальної освітленості приміщення;
- при розташуванні кількох комп'ютерів у кімнаті відстань між ними повинна бути не менше 1,2 метра;
- облаштовувати робочі місця таким чином, щоб уникати незручних пози і тривалого статичного навантаження на тіло;
- загальний час роботи за комп'ютером не повинен перевищувати 50% робочого дня (для дорослих – не більше 4 годин, для дітей – не більше 2 годин);
- робити перерви по 15 хвилин кожні 2 години роботи, а при інтенсивній роботі – кожну годину або навіть півгодини;
- стежити за тим, щоб лінія руки в області зап'ястя залишалася прямою під час роботи, руки були розслаблені, а пальці трохи зігнуті;

					171.6321M.KP.ПЗ.P5	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- удари по клавішах мають бути легкими, щоб не напружувати руки;
- використовувати підлокітники для підтримки рук як під час роботи з клавіатурою, так і з мишею;
- у разі виникнення напруження або спазмів у м'язах слід припинити роботу і виконати кілька вправ для розслаблення;
- регулювати висоту стільця так, щоб стегна були паралельні підлозі, а ноги твердо стояли на підлозі;
- під час роботи намагатися зберігати природний вигин тіла в поясниці, уникати сутулості і напруги в шії;
- регулярно виконувати вправи для очей;
- забезпечувати однаковий колір поверхонь столу, клавіатури і корпусу комп'ютера для уникнення відблисків;
- при можливості працювати в режимі «темні символи на світлому фоні»;
- підтримувати відносну вологість повітря не менше 40% для зменшення впливу електростатичного поля;
- розміщувати обладнання комп'ютера на відстані 60-90 см від робочого місця.

Під час виконання цієї частини проекту було розроблено рекомендації щодо захисту від шкідливих впливів під час роботи, забезпечення електробезпеки, пожежної безпеки, а також заходів для мінімізації впливу електромагнітного випромінювання та роботи з ПК.

					171.6321M.KP.ПЗ.P5	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Проведено огляд ключових аспектів функціонування багатоканальної системи збору даних із застосуванням технології ізоляції каналів. Дана система забезпечує ефективне й безпечне оброблення сигналів інформації з різних джерел, що має особливе значення в умовах сучасних виробництв та наукових досліджень. Ізоляція каналів дозволяє вирішувати проблеми перешкоджання та зменшує ризик втрати даних, що покращує загальну надійність системи.

Застосування таких систем відкриває нові можливості для моніторингу та аналізу, що є критично важливим для прийняття обґрунтованих рішень. Впровадження багатоканальних систем із ізоляцією каналів вимагає ретельного планування та налаштування, але в результаті істотно підвищує ефективність збору даних. Подальші дослідження в цій галузі можуть зосередитися на розширенні функціональних можливостей, інтеграції з сучасними технологіями та підвищенні адаптивності систем до різних умов експлуатації.

					171.6321М.КР.ПЗ.Висновки	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Contributors to Wikimedia projects. Система сбора данных – Википедия. *Википедия – свободная энциклопедия.* URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_сбора_данных (дата звернення: 17.12.2024).
2. TIDA-00420 reference design | TI.com. Analog | Embedded processing | Semiconductor company | TI.com. URL: <https://www.ti.com/tool/TIDA-00420> (date of access: 18.11.2024).
3. Contributors to Wikimedia projects. Data acquisition – Wikipedia. *Wikipedia, the free encyclopedia.* URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Data_acquisition (date of access: 18.11.2024).
4. List of Data Acquisition Companies [UPDATED 2023]. *Data Acquisition | Test and Measurement Solutions.* URL: <https://dewesoft.com/blog/list-of-data-acquisition-companies> (date of access: 17.12.2024).
5. Data Acquisition (DAQ) Systems, Devices & Software. *Mess- und Prüfsysteme, bei Emerson – NI.* URL: <https://www.ni.com/en/shop/data-acquisition.html> (date of access: 18.11.2024).
6. Data Acquisition (DAQ) – The Ultimate Guide. *Data Acquisition | Test and Measurement Solutions.* URL: <https://dewesoft.com/blog/what-is-data-acquisition> (date of access: 18.11.2024).
7. SerialPlot - Realtime Plotting Software. *Hackaday.io | The world's largest collaborative hardware development community.* URL: <https://hackaday.io/project/5334-serialplot-realtime-plotting-software> (date of access: 18.12.2024).

					171.6321М.КР.ПЗ.Джерела	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Програмне забезпечення мікроконтролеру

```
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>
#define F_CPU 32000000 //definition required by _delay_ms()
#include <util/delay.h>
//#include <xc.h>
//#include <iom128v.h>
//#include <macros.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
//#include <stdio.h>

// визначення псевдонімів портів та керуючих сигналів для легкої
// модифікації програми
#define RS() PORTC|=0b10000000 // встановити сигнал команда/дані
// (біт 5 порту A)
#define NRS() PORTC&=~0b10000000 // скинути сигнал команда/дані
#define RW() PORTC|=0b01000000 // встановити сигнал читання/запис
// (біт 6 порту A)
#define NRW() PORTC&=~0b01000000 // скинути сигнал читання/запис
#define E() PORTC|=0b00100000 // встановити сигнал стробу (біт 7
// порту A)
#define NE() PORTC&=~0b00100000 // скинути сигнал стробу
#define LCD PORTA // PKI модуль підключений до порту C контролера
#define DDLCD DDRA // даємо назву регістру напрямку даних
#define FOSC F_CPU // Clock Speed
#define BAUD 115200
#define MYUBRR ((FOSC/16/BAUD)-1)
//#define MYUBRR 103

// оголошення прототипів функцій
void USART_Init (unsigned int myubrr );
int _mon_putc( const char *data );
void UART_Write_Text(char *text_send);
unsigned int read_adc(char ch);
unsigned int read_adc(char ch)
{
    char dh,dl;
    int res;
    dl=ADCL;
    dh=ADCH;
    res=dh;
    res=res<<8;
    res=res+dl;
    return res;
}
ISR(ADC_vect)
{
    char dh,dl;
    int res;
    char text_uart[15]; // строка довжиною 15 символів
    dl=ADCL;
    dh=ADCH;
    res=dh;
    res=res<<8;
    res=res+dl;
```

					171.6321М.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

```

// sprintf(text_uart,"%u\r\n",res);
// text_uart[0]=0xFF;
// text_uart[1]=0xFF;
text_uart[0]=dl;
text_uart[1]=dh;
UART_Write_Text(text_uart);
// ADCSRA|=(0<<ADIF);
ADCSRA|=(1<<ADSC);
}

// реалізація функцій
void init_cpu() // функція ініціалізації мікроконтролера
{
    DDRC=0b11100000; // управління дешифратором шини даних
    DDRA=0xFF; // шина даних
    PORTC=0;
    PORTA=0xFF;
    PORTC=5;
    PORTA=0;
    NRS(); // скидання сигналу команда/дані
    NRW(); // скидання сигналу читання/запис
    NE(); // скидання тактового сигналу
    ADCSRA = (1<<ADEN)|(1<<ADPS2)|(1<<ADPS1)|(1<<ADPS0)|(1<<ADIE);
    //init ADC channel
    ADMUX=1|0x40;
    ADCSRA|=(1<<ADSC);
}

void USART_Init( unsigned int ubrr )
{
    DDRE=DDRE|0b000000010;
    /* Set baud rate */
    UBRR0H = (unsigned char)(ubrr>>8);
    UBRR0L = (unsigned char)ubrr;
    /* Enable receiver and transmitter */
    UCSR0B = (1<<RXEN)|(1<<TXEN);
    //UCSR0B = 0b00011000;
    /* Set frame format: 8data, 1stop bit */
    UCSR0C = (0<<USBS)|(1<<UCSZ0)|(1<<UCSZ1);
    //UCSR0C = 0b00000110;
}

int _mon_putc( const char *data )
{
    /* Wait for empty transmit buffer */
    while ( !( UCSR0A & (1<<UDRE0)) );
    /* Put data into buffer, sends the data */
    UDR0 = data;
}

void UART_Write_Text(char *text_send)
{
    int i;
    for(i=0;text_send[i]!='\0';i++)
        _mon_putc(text_send[i]);
}

void pause() // функція затримки
{
    int tmp; // додаткова змінна для використання в циклі
    for(tmp=0;tmp<450;tmp=tmp+1) asm("NOP"); // контролер виконує пусті операції
}

```

					171.6321М.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

```

int main()                // основна програма
{
    int index, i;         // змінні для використання в циклах
    char text[15];        // строка довжиною 15 символів
    char text1[]="Value is "; // строка з початковою ініціалізацією
    init_cpu();           // виклик функції ініціалізації мікроконтролера
    USART_Init(MYUBRR);
    DDLCDD=0xFF;          // налаштування порту, до якого підключений РКІ
    на вивід
    sei();

    while(1)              // вічний цикл
    {
        asm("nop");
    }
}

```

					171.6321М.КР.ПЗ.Додатки	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		