

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

## КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

Бакалавр

Освітній рівень

### ЛІФТОВИЙ КОНТРОЛЕР НА БАЗІ ПРОМИСЛОВОГО ПРОТОКОЛУ CAN<sub>OPEN</sub>

Назва теми

КПТР.021010.01.16 ПЗ

Шифр

Галузь знань 17 “Електроніка та телекомунікації”

Шифр, назва

Спеціальність 172 “Телекомунікації та радіотехніка”

Шифр, назва

Освітня програма “Телекомунікації, медійні технології та інтелектуальні мережі”

Назва

Виконав: здобувач 4 курсу, група TP2-21-1

Шифр



Підпис

В. І. Борищук

Ініціали, прізвище

Керівник



Підпис, дата

В. І. Стецюк

Ініціали, прізвище

Нормоконтроль



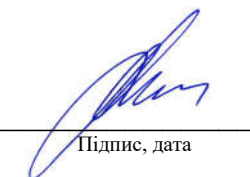
Підпис, дата

В. І. Стецюк

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

зав. кафедри телекомунікацій,  
медійних та інтелектуальних  
технологій



Підпис, дата

С. К. Підченко

Ініціали, прізвище

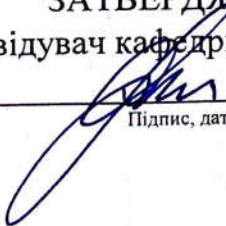
17. 06. 2025 р.

Хмельницький 2025 р.

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій  
Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій  
Освітній рівень: бакалавр  
Галузь знань: 17 "Електроніка та телекомунікації"  
Спеціальність: 172 "Телекомунікації та радіотехніка"  
Освітня програма: «Телекомунікації, медійні та інтелектуальні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Завідувач кафедри ТМІТ

  
Підпис, дата 10.02.25.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

Борищу Владиславу Ігоровичу

Прізвище, ім'я, по-батькові здобувача

студент 4 курсу групи ТР2-21-1

1. Тема проекту: Ліфтовий контролер на базі промислового протоколу CANopen

Керівник проекту Стецюк В. І., к.т.н, доцент

Прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 07 лютого 2025 р. № 20

2. Строк подання здобувачем проекту на кафедру 02.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту напряга живлення - 24В; кількість поверхів - 16; протокол - CANopen; вхідні сигнали: спотом-завіска, вихідок з'єдн пристрій; сигнали зв. зв. символі електрики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

1. Анали: технік оціню кіт. контрол і параметрич матеріалів

2. Вибір і тех. економічне обґрунтування

3. Розрахунок схеми елект. принципової

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням об'єктових креслень)

Планом 1.





1. Вибір пристрою промисл

2. Промисловий протокол

3. КМТР 02.10.10.01.16 E1 - схема елект. структурна

4. КМТР 02.10.10.01.16 E3 - схема елект. принципова

**6. Консультанти розділів кваліфікаційного проекту**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Стецюк Віктор Іванович		
Антиплагіат	Стецюк Віктор Іванович		
Антиплагіат	Пивовар Олег Сергійович		

7. Дата видачі завдання 7.02.2025 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Назва етапів (розділів) кваліфікаційного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
Вибір напрямку дослідження	10.01.25	виконано
Ознайомлення з предметною областю	01.02.25	виконано
Робота над розділом 1	01.03.25	виконано
Робота над розділом 2	01.04.25	виконано
Робота над розділом 3	29.04.25	виконано
Оформлення пояснювальної записки	25.05.25	виконано
Попередній захист ВКМ	28.05.25	виконано
Захист ВКМ на засіданні ЕК	червень 2025р.	виконано

Здобувач

  
Підпис

В. І. Борищук

Ініціали, прізвище

Керівник проекту

  
Підпис

В. І. Стецюк

Ініціали, прізвище



## АНОТАЦІЯ

**Тема кваліфікаційного проекту: “Ліфтовий контролер на базі промислового протоколу CANopen”.**

**Автор проекту:** Борищук Владислав Ігорович.

**Керівник проекту:** к.т.н, доцент Стецюк Віктор Іванович

**Пояснювальна записка:** 97 сторінок, 66 рисунків, 7 таблиць, 26 джерел.

**Графічна частина:** 2 плакатів, 2 креслень, 10 слайдів презентації.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** КОНТРОЛЕР, ПРОТОКОЛ, ЛІФТ, CAN<sub>OPEN</sub>,

*Метою кваліфікаційного проекту є розробка спеціалізованого ліфтового контролера для керування роботою підймальних механізмів.*

Проект складається з трьох основних розділів.

На основі аналітичного огляду літературних джерел та патентних матеріалів, аналізу аналогів, представлених на ринку, обрано та обґрунтовано вибір пристрою-прототипу.

У відповідності до технічного завдання, специфіки експлуатації, розроблена структурна схема електрична структурна пристрою.

Розроблено схему електричну принципову ліфтового контролера на базі промислового протоколу CANopen. Прилад складається центрального мікроконтролера, мікроконтролер енкодера, LCD дисплея, органів керування, шина CAN<sub>OPEN</sub>, групи релейних виходів для керування виконавчими пристроями, групи зовнішніх входів від периферійних пристроїв та постів виклику, схеми контролю фаз та схеми живлення.

Особливістю кваліфікаційного проекту є концепція застосування двох окремих шин CAN<sub>OPEN</sub> (одна для організації поверхових постів виклику, інша – для зв’язку із блоком ревізії на кабіні та передачі інформації від пульта керування купе кабіни).

В. І. Борищук

Ініціали, прізвище здобувача



Підпис, дата

## ЗМІСТ

стр.

ВСТУП .....	8
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ І ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ .....	9
1.1. Класифікація ліфтової електроніки .....	9
1.2. Огляд промислових технічних рішень .....	12
1.2.1. Ліфтові контролери .....	13
1.2.2. Частотні перетворювачі .....	14
1.3. Вибір та основні вимоги до ліфтових контролерів .....	18
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1 .....	20
2. ВИБІР І ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ .....	21
2.1. Протокол CANopen .....	21
2.2. Структурна схема ліфтового контролера .....	37
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2 .....	39
3. РОЗРАХУНОК СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ .....	40
3.1. Контролерна частина .....	40
3.1.1. Центральний мікроконтролер .....	40
3.1.2. Мікроконтролер енкодера .....	46
3.2. Рідкокристалічний дисплей .....	55
3.3. Схема цифрової логіки .....	60
3.4. Формувачі CAN шин .....	69
3.5. Контроль фаз .....	76
3.6. Контроль кіл безпеки .....	77
3.7. Схема живлення .....	79

					КПТР.021010.01.16 ПЗ					
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Ліфтовий контролер на базі промислового протоколу CANopen Пояснювальна записка			Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив	Борищук В. І.		11.06							
Перевірів	Стецюк В. І.		17.06							
Н. контр.	Стецюк В. І.		17.06							
Затв.	Підченко С. К.		17.06		ХНУ, гр. ТР2-21-1					

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3 .....	83
ВИСНОВКИ .....	84
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....	86
ДОДАТКИ .....	88
Додаток А. Графічна частина .....	88
Додаток Б. Слайди презентації .....	92

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



# 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ І ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ

## 1.1. Класифікація ліфтової електроніки.

Класифікація ліфтової електроніки охоплює всі електронні компоненти та системи, що забезпечують управління, безпеку, інтерфейс користувача та діагностику ліфтів. Умовно її можна поділити на кілька основних категорій:

1. *Системи управління.* Це «мозок» ліфта, який координує всі дії та може містити:

- контролери ліфта – програмовані пристрої, які керують поїздками, дверима, зупинками, швидкістю тощо;

- інвертори (частотні перетворювачі) – регулюють швидкість і плавність руху двигуна;

- PLC (програмовані логічні контролери) – використовуються у більш складних системах управління.

2. *Системи безпеки.* Ряд пристроїв, які забезпечують безпечне та надійне пересування пасажирів на підймальних пристроях. До таких пристроїв належать:

- обмежувачі швидкості;
- уловлювачі;
- буфери;
- відповідні кінцеві вимикачі виконавчих пристроїв;
- системи контролю замикання дверей;
- противідкатна система;
- оптичні бар'єри;
- системи аварійного оповіщення (сигнал тривоги, інтерком, тощо).

КПТР.021010.01.16 ПЗ								
Зм.	Аркуси	Деталі	Піппс	Дата	Ліфтовий контролер на базі промислового протоколу CANopen	Літери	Аркуси	Аркуши
Розробив	Борисюк В. І.		<i>[Signature]</i>	11.02.06				
Перевірив	Степан В. І.		<i>[Signature]</i>	17.05.06	Пояснювальна записка		9	12
Н. контр.	Степан В. І.		<i>[Signature]</i>	17.06.06		ХНУ, гр. ТР2-21-1		
Зам.	Відченко С. К.		<i>[Signature]</i>	17.06.06				

3. **Диспетчеризація та моніторинг.** Забезпечують зв'язок із зовнішнім світом і контроль технічного стану. Містять:

- модулі дистанційного моніторингу;
- GSM/GPRS модулі для диспетчерського зв'язку;
- CAN-шини та інші інтерфейси зв'язку.

4. **Панелі користувача.** Це своєрідний інтерфейс взаємодії пасажирів з підймальними механізмами:

- панель наказів (в купе кабіни);
- панелі виклику (поверхові);
- дисплеї та індикатори стану підймального механізму (знаходження на поверсі, режимів роботи, напрямків руху, перевантаження, тощо)
- технологічні засоби керування (пульт в станції керування, пульт на даху кабіни, пульт в примку шахти);
- голосове озвучення.

5. **Датчики та виконавчі елементи** – надають інформацію контролеру або виконують його команди:

- датчики положення кабіни (енкодери, індуктивні)
- датчики завантаження;
- магнітні або оптичні датчики поверхів;
- реле, контактори, електромагніти.

6. **Енергетична електроніка** пов'язана з живленням і енергозбереженням:

- блоки безперебійного живлення (UPS);
- акумуляторні модулі для системи аварійного спуску;
- енергозберігаючі системи (наприклад, рекуперація енергії).

В цілому класифікаційні ознаки електронних пристроїв ліфтових систем можна подати також графічно (рис. 1.1).

Як бачимо, ключовим елементом системи управління ліфтом є ліфтовий контролер, який відповідає за наступний функціонал:

- запуск і зупинку двигуна;
- відкривання/закривання дверей;

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



## 1.2. Огляд промислових технічних рішень.

З вище сказаного стає зрозумілим, що номенклатура ліфтової електроніки достатньо широка. Ось неповний перелік:

- ліфтові контролери;
- частотні перетворювачі;
- системи позиціювання;
- кінцеві вимикачі/перемикачі;
- панелі наказів;
- панелі виклику;
- блоки безперебійного живлення/системи евакуації;
- вантажозважуючі пристрої;
- пристрої безпеки та інш.

Зрозуміло, що в рамках даної роботи здійснити огляд всього переліку неможливо. Тому обмежимося оглядом тільки двох основних вузлів, що відповідають тематиці дипломного проєкту – ліфтових контролерів і частотних перетворювачів. Слід звернути увагу, що останнім часом з'явилися інтегровані рішення провідних виробників ліфтової електроніки – поєднання в одному пристрої функцій ліфтового контролера і частотного перетворювача в одному корпусі. Наприклад, NE1000, NE3000, MONT72, ARCODE, тощо (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Інтегрований частотний перетворювач NE3000

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



Даний виробник являється флагманом ліфтової індустрії країни, крім того ф. Arkel залучила інвестиції американського уряду, що придало ще більшої ваги на ринку ліфтової продукції. Ліфтовий контролер ARL-300 має наступний перелік технічних та функціональних характеристик:

- уніфікований контролер для електричних та гідравлічних ліфтів;
- може працювати з будь-яким типом керування ліфтом;
- базова комплектація – до 16 поверхів;
- забезпечення роботи з усіма типами дверей;
- можливість роботи у групі (до 4 ліфтів);
- надійна система безпеки та контроль всіх ліфтових складових;
- система контролю фаз;
- індикація поточного стану та режимів роботи;
- розвинене меню користувача з індикацією на LCD дисплеї та наявність власних органів управління;
- пам'ять на 60 помилок з їх детальним описом;
- зв'язок сигналів кабіни послідовним каналом (за допомогою окремої плати FX-SERI) з інтерфейсом RS-485;
- підключення зовнішніх сигналів здійснюється через зручні перехідні плати;
- аварійна плата ARL-SARJ здійснює живлення контролера за позаштатних ситуацій (гідравлічні ліфти);
- відповідність вимогам EN81-1/2;
- пожежна служба та функція екстреної допомоги;
- одинарний виклик, останній виклик та прийняття кількох викликів;
- регульований час технічного обслуговування та блокування системи в кінці періоду технічного обслуговування.

### 1.2.2. Частотні перетворювачі.

Як було сказано вище, частотні перетворювачі поклали початок новій ері силової електроніки. І якщо спочатку вони були суто промисловими, то з часом

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



# ARCODE

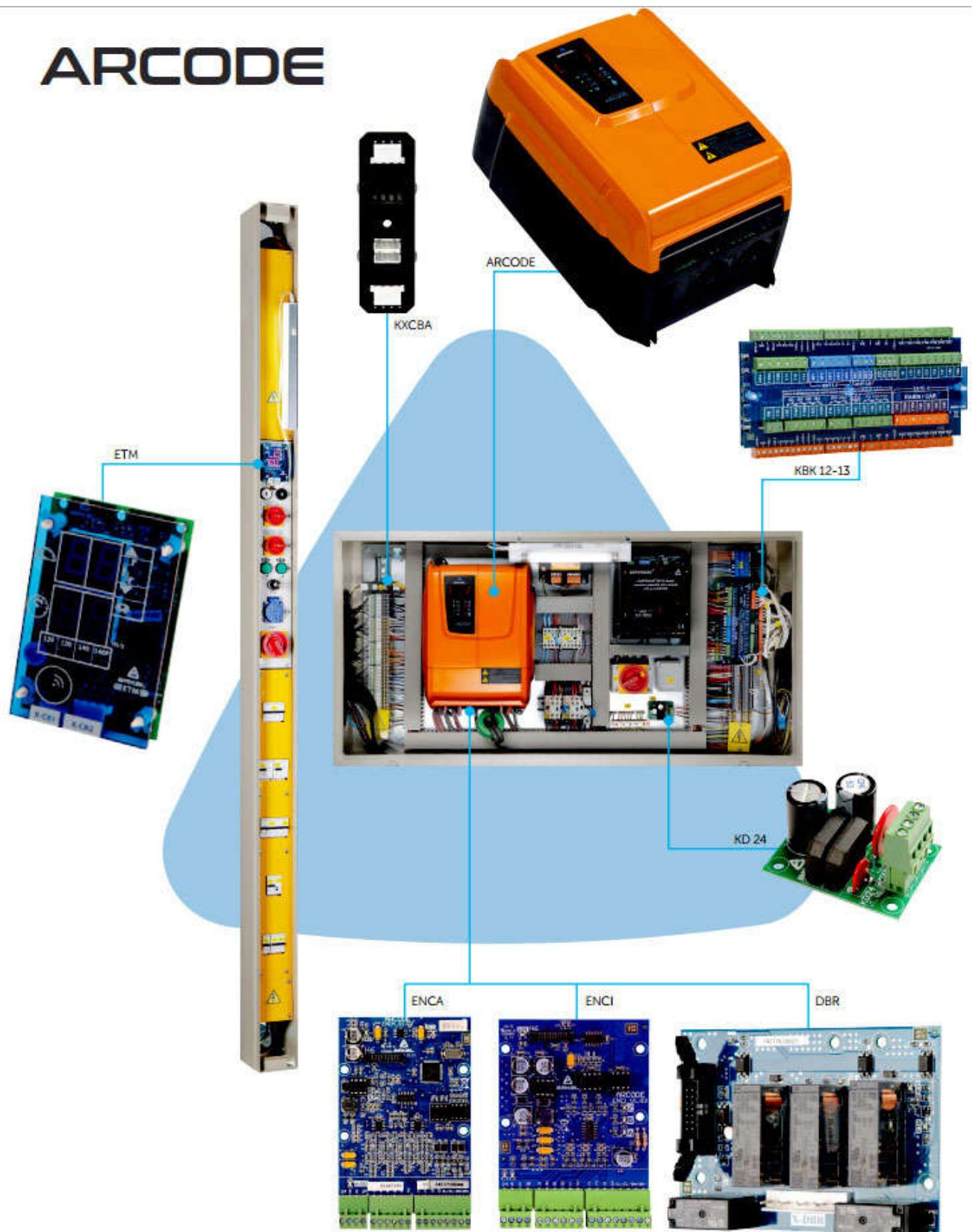


Рисунок 1.6 – Частотний перетворювач ARCODE  
ф. Arkel (Туреччина) та його периферія

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.7 – Частотний перетворювач HD5L  
ф. HPMont MONARCH (Китай)



Рисунок 1.8 – Частотний перетворювач YASKAWA V1000  
(Європа, Німеччина)



Рисунок 1.9 – Частотний перетворювач FRENIC-Lift  
ф. Fuji Electric (Японія)

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3. Вибір та основні вимоги до ліфтових контролерів.

При виборі ліфтового контролера для встановлення в станцію керування або проектуванні нового слід здійснити серйозний аналіз існуючих розробок та окреслити потрібний (в даному випадку) функціонал майбутнього пристрою.

Таблиця 1.1 – Ліфтовий контролер

Тип	Характеристика	Застосування
Релейні	Побудовані на електромеханічних реле. Прості, надійні, але морально застарілі.	Старі будівлі, прості об'єкти.
Мікропроцесорні	Оснащені мікроконтролерами або PLC. Гнучкі, програмовані, підтримують сучасні функції (диспетчеризація, керування, індикація).	Багатоповерхівки, лікарні, бізнес-центри
Частотно-регульовані (інверторні)	Вбудований інвертор дозволяє плавно запускати і зупиняти двигун. Підвищують комфорт і зменшують споживання електроенергії.	Новобудови, пасажирські та вантажні ліфти.

Розглянемо популярні виробники та моделі контролерів:

- Otis – серія GEN2, SkyMotion;
- Schindler – PORT Technology, Bionic;
- KONE – KONE EcoDisc, Polaris;
- STEP (Китай) – SLC-6000, STVF5;
- Monarch – Nice3000, MCTC-MCB-C;
- IGV (Італія) – Arkel ARL-500, Arcode;

При виборі контролера слід звертати увагу на наступні фактори:

- вантажопідйомність;

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

- швидкість руху;
- поверховість;
- тип приводу (гідравлічний, електричний);
- з/без машинного приміщення;
- наявність диспетчеризації, резервного живлення;
- інші технічні та функціональні особливості.

Типовий мікропроцесорний контролер керування включає:

- ЦП (центральний процесор) – обробляє логіку руху та сигнали;
- інтерфейс (послідовний чи паралельний) – RS-485, CAN, Modbus
- кількість портів введення/виведення (підключення до датчиків, кнопок, реле);
- силова частина (інвертор або контактори) – керує двигуном;
- органи локального керування (панель програмування для налаштування параметрів, кнопки, сервіс тул, тощо).

Принципова логіка роботи (спрощено):

- отримання виклику з поверху або кабіни;
- обробка логіки пріоритетів і напрямку руху;
- визначення положення кабіни за датчиками і/або енкодером;
- рух до потрібного поверху з плавним прискоренням/гальмуванням;
- зупинка, відчинення дверей, контроль завантаження.

Зрозуміло, що за цим стислим переліком криється потужна схемотехнічна частина і продуманий алгоритм програмного забезпечення.

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. У розділі "Аналітичний огляд літературних джерел і патентних матеріалів" проаналізовано всю номенклатуру пристроїв ліфтової електроніки, наведено їх класифікаційну характеристику.

2. Детально розглянуто окремі та інтегровані рішення реалізації ліфтових контролерів. Кожен вид має свої переваги та недоліки. Роздільні рішення простіші (так як кожна складова окремо значно простіша, ніж об'єднаний блок). Також вони забезпечують більшу гнучкість реалізації та підлаштування до потрібних задач (особливо у випадку модернізації старого фонду або виконанні специфічних замовлень). Крім того є можливість окремої заміни одного блоку без втручання в інший (при виході з ладу або зміні призначення). Інтегровані рішення компактніші, так як містять в одному корпусі відразу два пристрої. Однак вони дорожчі, складніші і у разі виходу з ладу або непрацездатності навіть незначної частини блоку, потрібно замінювати фактично всю систему.

2. На основі проведено аналізу обрано пристрій-прототип ARL-300. Здійснено перелік його функціональних характеристик із зазначенням найважливіших та ключових елементів. Вибір здійснено на користь окремого ліфтового контролера.

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. ВИБІР І ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

### 2.1. Протокол CANopen.

Даний розділ слід розпочати з вибору та розгляду протоколу обміну інформацією між периферійними пристроями ліфта. Згідно з ТЗ на кваліфікаційний проєкт, пропонується використати саме CANopen. Проаналізуємо вибір саме цього протоколу та розглянемо його специфікацію і особливості.

CANopen – достатньо новий різновид протоколу шини CAN, який початково був призначений для ліфтових систем. Однак останнім часом спостерігається його інтеграція у інших засобах промислової автоматизації – медичних приладах, автомобільній електроніці, залізничному транспорті, авіоніці, технологіях “розумного дому”, робототехніці, тощо.

CANopen – це протокол прикладного рівня на базі шини CAN (Controller Area Network), стандартизований організацією CiA (CAN in Automation). Він створений для керування розподіленими пристроями в реальному часі – наприклад, двигунами, датчиками, контролерами, тощо.

CAN in Automation (CiA) – це міжнародна некомерційна група користувачів/виробників CAN. Мета CiA – забезпечити платформу для майбутніх специфікацій та стандартів на основі CAN. Включає розробку стандартів CiA (наприклад, численних стандартів CiA CANopen) та міжнародну стандартизацію (наприклад, стандартизацію CiA 301 у EN 50325-4). Однак роль CiA виходить за рамки промислової автоматизації та CANopen, оскільки група також просуває CAN в автомобільній, залізничній, морській та інших галузях промисловості. Крім того, CiA пропонує такі послуги, як конференції, інформаційні бюлетені, тестування тощо.

КПТР.021010.01.16 ПЗ					
Зм.	Аркуш	Ад докум.	Підпис	Дата	
Розробка		Боришук В. І.		19.10.18	
Перевірка		Стецюк В. І.		12.08.18	
Н. контр.		Стецюк В. І.		12.08.18	
Запн.		Підченко С. К.		12.08.18	
Ліфтовий контролер на базі промислового протоколу CANopen					
Пояснювальна записка					
		Літера		Аркуш	Аркушів
				21	18
ХНУ, гр. ТР2-21-1					

## Історія протоколу CAN (CANopen):

1980-і – протокол CAN був розроблений компанією Robert Bosch Gmb для автомобільної промисловості (моніторинг основних вузлів автомобіля);

1992 – засновано CiA (CAN в автоматизації);

1993 – початкові розробки в рамках проекту Esprit ASPIC;

1994 – випуск CiA 301 версії 1.0 [версія 4.2.0 у 2011 році];

1996-97 – випуск CiA 401-402 (профілі пристроїв);

1999 – випуск CiA 303-1 версії 1.0 (роз'єми та кабелі) ;

2002 – CANopen стандартизовано на міжнародному рівні в EN 50325-4;

2005 – Випущено CiA 306 версії 1.3.0 (EDS, DCF) [версія 1.4.0 у 2019 році];

2017 – Випущено CiA 1301 (CANopen FD);

2020 – Випущено CiA 510 (відповідність протоколів CANopen до J1939).

По суті CAN-шина була розроблена для організації та взаємозв'язку мікроконтролера (ів) з периферійними пристроями. CAN-шина стала важливим стандартом для комунікації між пристроями в різних системах. Вона забезпечує надійну та ефективну передачу даних, що дозволяє розробляти складні системи управління та контролю.

Розглянемо яке місце у 7-рівневій структурі моделі OSI займає CANopen (рис. 2.1).

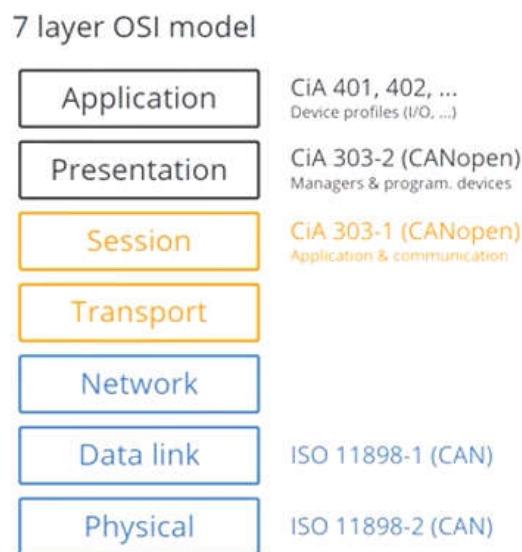


Рисунок 2.1 – Представлення CANopen у моделі OSI

									Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата					

Важливо розуміти наступне: CANopen – це «протокол вищого рівня», що базується на шині CAN. Це означає, що мережа контролерів (ISO 11898) забезпечує зв'язок (як телефон) для протоколу CANopen (як певна мова). Тобто, CANopen – це прикладний протокол мережевої системи передачі даних, що базується на послідовній шині CAN. Шина CAN визначає каналний рівень та частину фізичного рівня в моделі OSI.

Також зручно розглянути 6 основних концепцій CANopen (рис.2.2). Навіть якщо ви знайомі з шиною CAN та, наприклад, з J1939, CANopen додає низку важливих нових концепцій:

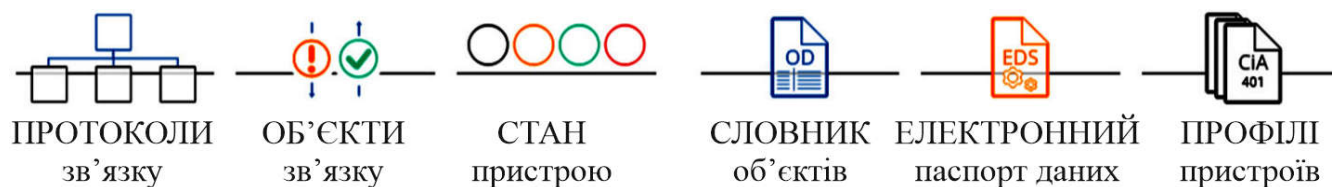


Рисунок 2.2 – Концептуальне представлення CANopen

- *протоколи зв'язку*: 3 протоколи для зв'язку вузлів: головний/підлеглий, клієнт/сервер та виробник/споживач;
- *об'єкти зв'язку*: використовуються, наприклад, для налаштування вузлів (SDO) або передачі даних у режимі реального часу (PDO);
- *стан пристрою*: пристрій підтримує різні стани. «Головний» вузол може змінювати стан «підлеглого» вузла, наприклад, скидати його налаштування;
- *словник об'єктів*: кожен пристрій має OD із записами, що визначають, наприклад, конфігурацію пристрою. Доступ до нього можна отримати через SDO;
- *електронний паспорт даних*: EDS – це стандартний формат файлу для записів OD, що дозволяє, наприклад, сервісним інструментам оновлювати пристрої;
- *профілі пристроїв*: стандарти описують, наприклад, модулі вводу/виводу (CiA 401) та керування рухом (CiA 402) для забезпечення незалежності від постачальника.

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



9-контактний роз'єм D-SUB (DB9) є одним із найпоширеніших роз'ємів інтерфейсу CAN загального призначення та першим роз'ємом, рекомендованим в оригінальному документі CiA 303-1 із проілюстрованою на рис. 2.4 розводкою. Цей роз'єм часто дозволяє зовнішнім пристроям підключатися до мереж CAN. Крім того, сьогодні він став фактичним стандартом для апаратного забезпечення шини CAN загального призначення, включаючи, наприклад, серію CANopen, CANedge, CANmod.

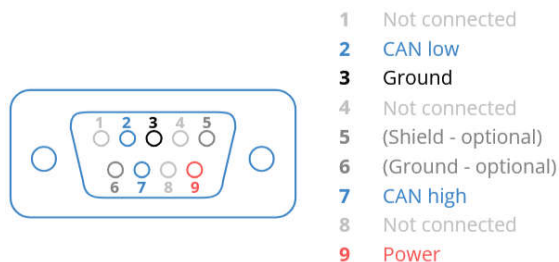


Рисунок 2.4 – Представлення інтерфейсу CANopen у вигляді 9-контактного роз'єму D-SUB

5-контактний роз'єм M12 (промисловий) – поширений тип роз'ємів із розводкою, зображеною на рис. 2.5. Цей роз'єм використовується як у системах CANopen, так і в NMEA 2000, пропонуючи кращу стійкість до суворих умов експлуатації порівняно з роз'ємом DB9.

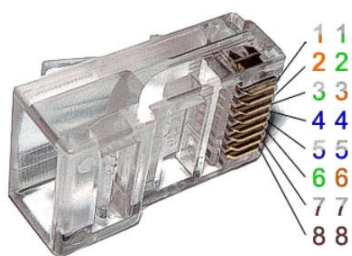


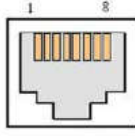
Рисунок 2.5 – Представлення інтерфейсу CANopen у вигляді 5-контактного промислового роз'єму M12

Окрім вищезазначених роз'ємів, пристрої CANopen часто підключаються через роз'єми відкритого типу (рис. 2.6). Як результат, адаптерні кабелі DB9 для відкритого типу можуть бути корисними для підключення пристроїв з роз'ємами DB9 до таких термінальних гнізд.

						КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата			





RJ45 port PIN sequence definition	PIN No.	Signal	Function description
	1	CAN_H	CAN signal high
	2	CAN_L	CAN signal low
	3	CAN_GND	CAN signal earth
	4-5	NC	
	6	NC	
	7	CAN_SHLD	Reserved GND
	8	NC	

б)

Рисунок 2.8 – Закінчення\_Представлення інтерфейсу CANopen у вигляді роз'єму відкритого типу: а) 4-pin; б) 8-pin



Роз'єми сигнальні растр 1,00мм



Роз'єми сигнальні растр 1,20мм



Роз'єми сигнальні растр 10,00мм



Роз'єми сигнальні растр 2,00мм



Роз'єми сигнальні растр 3,00мм



Роз'єми сигнальні растр 3,68мм



Роз'єми сигнальні растр 4,14мм



Роз'єми сигнальні растр 4,20мм



Роз'єми сигнальні растр 5,03мм



Роз'єми сигнальні растр 5,08мм



Роз'єми сигнальні растр 6,10мм



Роз'єми сигнальні растр 6,35мм

Рисунок 2.9 – Початок\_Роз'єми сигнальні растрові



Рисунок 2.9 – Закінчення Роз'єми сигнальні растрові

Найбільш підходящими клеммами для ліфтових контролерів є наступні:

- гвинтові клемники ф. Degson (рис. 2.3);
- роз'єми сигнальні растрові, типу NV (XH, WH, HU) (рис. 2.4);
- конектори JST-XH (рис. 2.5).



Рисунок 2.10 – Гвинтовий клемник 15EDGK-3.5-04P-14-00A[H]

4 конт., зелений, ф. Degson:

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

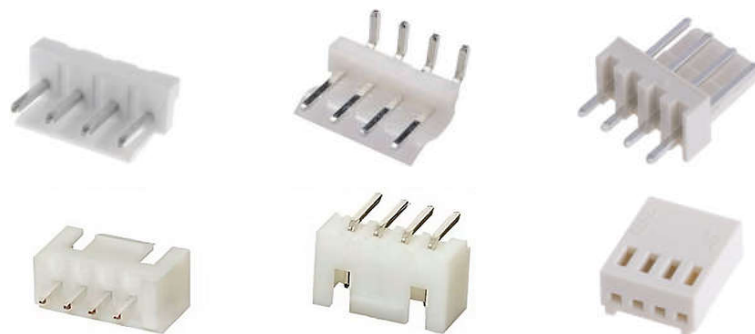


Рисунок 2.11 – Роз'єми сигнальні растрові типу NV (XH, WH, HU)



Рисунок 2.12 – JST-XH конектори

Важливим параметром будь-якої шини, будь-якого інтерфейсу є швидкість передачі даних та залежність її від відстані передачі. Згідно специфікації CANopen [10], максимальна відстань зв'язку складає 25 м. На цій відстані зберігається максимальна швидкість передачі даних – 1 МБіт/с. Однак, це не означає, що не можна забезпечити з'єднання більше 25 м, якщо це потрібно. Просто швидкість передачі буде нижчою. Дана залежність представлена у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Залежність швидкості передачі даних від відстані

Відстань, м	Швидкість передачі даних, кБіт/с
25	1000 (1 Мбіт/с)
100	500
250	250
500	125
1000	50
2500	20

Як вже було сказано вище, CANopen розроблений як високорівневий мережевий протокол, що працює поверх фізичного протоколу CAN, що дозволяє здійснювати обмін даними між пристроями від різних виробників і гарантує взаємозамінність пристроїв. Функціональність, параметри та доступ до обробки даних таких стандартних пристроїв, як модулі вводу/виводу, контролери та енкодери, визначені так званими профілями пристроїв. Таким чином, до пристроїв різних виробників можна отримати доступ по шині абсолютно однаковим способом. За таким принципом роботи протоколу досягається велика незалежність від постачальника пристроїв мережі, оскільки всі пристрої є взаємозамінними. Тому CANopen з одного боку стандартизований, але з іншого боку відкритий для майже необмеженого поля різних додатків.

Основні функціональні можливості CANopen.:

- передача критичних на час доставки даних відповідно до принципу споживача;
- стандартизований опис пристрою (data, parameters, functions, programs) у так званій формі "словника об'єктів" ("object dictionary"). Доступ до всіх "об'єктів" пристрою за стандартизованим протоколом передачі здійснюється за принципом клієнт-сервер;
- стандартизовані служби моніторингу пристрою (node guarding / heartbeat), сигналізація про помилки (emergency messages) та координація роботи мережі ("network management");
- стандартизовані системні служби синхронних операцій (synchronization message), центральне повідомлення міток часу (central time stamp message);
- стандартизовані допоміжні функції для конфігурації через шину швидкості (baud rate) та ідентифікаційний номер пристрою;
- стандартизовані шаблони призначення для ідентифікаторів повідомлень, щоб спростити конфігурацію системи в так званій формі "заздалегідь визначені набори з'єднання" ("predefined connection set").

Фізична структура мережі CANopen. Архітектура нижнього рівня CAN визначає фізичну структуру мережі CANopen. По суті основою є CAN -

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

використовується лінійна (шинна) топологія, де всі пристрої паралельно підключені до однієї двопровідної лінії зв'язку. Щоб уникнути паразитних відбиття сигналу, обидва кінці мережі повинні бути навантажені на термінальне навантаження (резистора 120 ом з кожного вільного кінця лінії), рис. 2.13. Додатково мають бути враховані максимально допустимі довжини сегментів мережі між окремими мережевими вузлами – залежно від швидкості передачі та параметрів лінії.

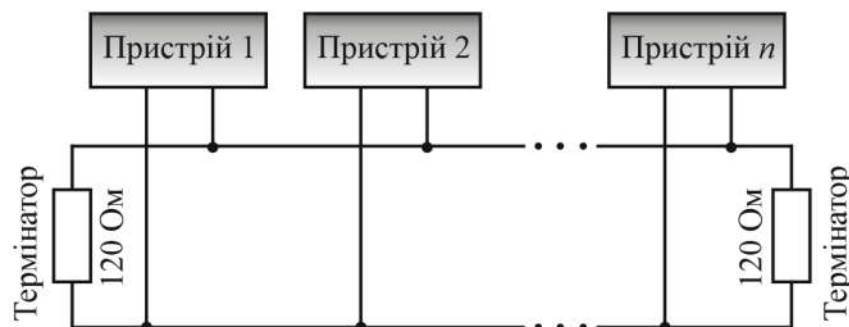


Рисунок 2.13 – Фізична організація мережі CANopen.

Додатково для CANopen повинні бути дотримані 2 додаткові умови:

- 1) усі вузли мережі мають бути налаштовані на однакову швидкість;
- 2) у мережі не повинно бути вузлів з ідентифікаторами, що збігаються.

На жаль, немає механізмів для автоматичного дотримання цих умов. Системний інтегратор повинен перевірити та при необхідності привести у відповідність bit rate та node-ID кожного окремого вузла мережі при з'єднанні їх у спільну мережу. Зазвичай node-ID конфігурується безпосередньо на пристрої (перемички (jumper), роторні перемикачі, тощо). Також конфігурування можна здійснити через додатковий зовнішній інтерфейс (UART, USB, JTAG). Альтернативні рішення вимагають попереднього встановлення цих параметрів через 2 зарезервовані ідентифікатори CAN за допомогою програмного забезпечення, за участю так званої служби налаштування шару "LSS-service" (layer setting service), як це описано в CiA 305 [12].

Логічна структура CANopen. Все стандартне 11-бітове адресне місце низькорівневого протоколу CAN поділено між службами CANopen (рис. 2.3): NMT, Sync, TimeStamp, PDO, SDO, Guarding, LSS. Це забезпечує доступ до всіх об'єктів протоколу CANopen через плоску адресацію, що спрощує взаємодію мережі. Обмін даними, OD та EDS. Однією з найважливіших властивостей CANopen є стандартизований опис пристрою (опис його функцій), який називається словником об'єктів (object dictionary, OD). Це таблиця, має однакову структуру всім типів пристроїв. Таким чином, це дає можливість отримати доступ зовні (тобто через шину CAN) до всіх важливих даних, параметрів та функцій пристрою з використанням логічної системи адресації (index, subindex).

Кожен елемент словника (об'єкт) адресується через 16-бітовий індекс та 8-бітовий sub-індекс. В об'єктах записана інформація про вузол мережі CANopen: які дані вузол приймає або передає, яким способом, поточний стан вузла. На додаток до стандартизованого опису комунікаційних властивостей пристроїв відповідно до CiA 301 [12], CANopen визначає так звані профілі пристроїв (device profiles) для типових пристроїв для різних областей застосування. Вони вказують найбільш важливі параметри, дані та функції на кожен тип пристрою (наприклад модулі вводу/виводу, приводи, енкодери, і т. д.). Опис електронного обладнання (electronical data sheet, EDS) містить тип даних і функції кожного запису директорії OD. Зазвичай EDS є файлом ASCII, в якому містяться всі дані. Щоб зробити ці дані більш гнучкими та розширюваними в контексті обробки, їх формат змінено на XML.

Передача даних через SDO та PDO. Є 2 базових, що відрізняються один від одного способу передачі даних за протоколом CANopen. Спосіб service data objects (SDO) оснований на обміні за принципом client-сервер, і дозволяє використовувати пряму адресацію об'єкта за індексом та sub-індексом (index та subindex). Він використовується для конфігурації пристрою передачі великих блоків даних в обох напрямках (upload, download), але вимагає додаткового навантаження на протокол. Тому SDO повільний (порівняно з PDO) спосіб передачі даних. З'єднання за принципом SDO здійснюється як точка-точка, із залученням елементів словника, і

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

передбачає парний обмін пакетами з підтвердженням отримання інформації. Деяку аналогію SDO можна з протоколом TCP, загальний принцип той самий. За допомогою SDO можна передавати довільний обсяг даних.

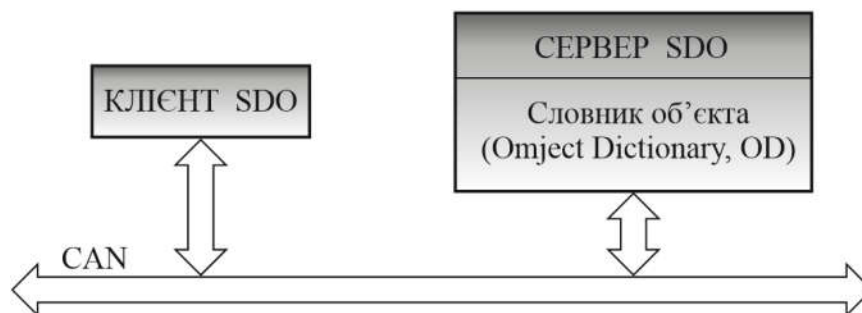


Рисунок 2.14 – Обмін SDO

Спосіб PDO надає ефективну передачу даних за принципом генератор-споживач (producer-consumer). Довжина пакета даних обмежена 8 байтами, проте це не накладає надмірного навантаження на протокол, як при обміні за принципом SDO. Один PDO може містити значення більше одного запису зі словника об'єктів (OD), але вміст PDO повинен бути визначений на етапі ініціалізації. Кожен пристрій може вказати до 512 об'єктів PDO для прийому та передачі з урахуванням обмежень системи (пам'яті, обчислювальної потужності) або мережі (кількість доступних ідентифікаторів CAN). SDO використовуються для прямого доступу до пристроїв CANopen. З цими SDO записи словника об'єктів OD можуть бути зчитані і записані, де обмін завжди здійснюється за принципом логічного з'єднання 1:1 (peer-to-peer) між двома вузлами мережі (наприклад, між вузлом, що конфігурує, і вузлом, який отримує конфігурацію).

Таблиця 2.2 – Порівняння PDO і SDO

Ознака	PDO	SDO
Об'єм даних	До 8 байт	До 4 байт (типово), більше з сегментацією
Швидкість	Дуже швидкий	Повільніший
Запит/відповідь	Немає (асинхронно)	Є
Призначення	Регулярна передача даних	Конфігурація/діагностика



Однією із переваг застосування послідовного протоколу CANopen є можливість роботи підймальних механізмів у груповому режимі (рис. 2.16).

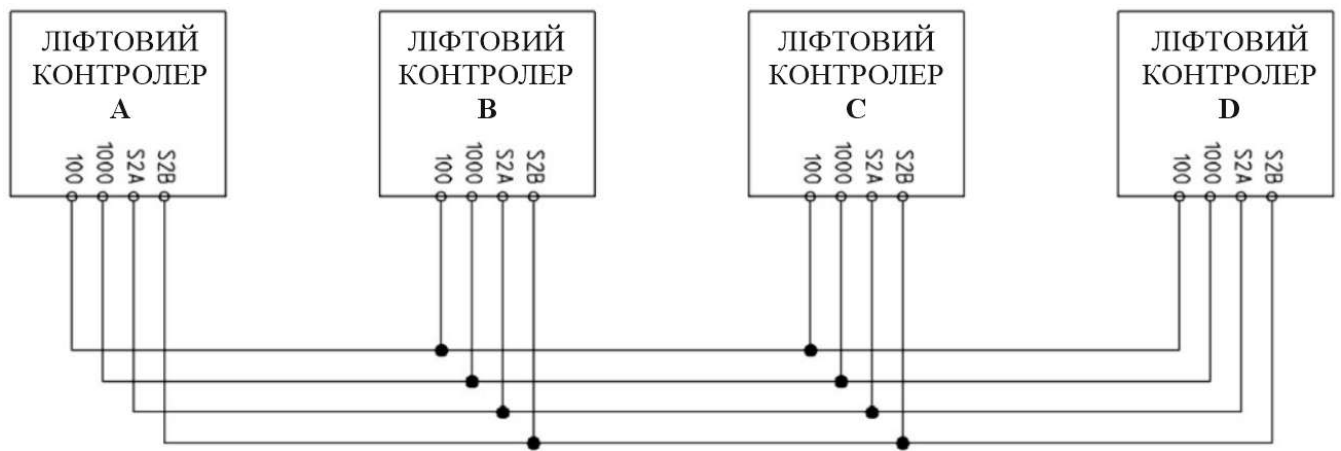


Рисунок 2.16 – Робота шини CANopen у груповому режимі

Груповий режим управління роботою ліфтів означає, що кілька ліфтів у будівлі працюють як єдина система обслуговування викликів. При надходженні виклику від користувача система автоматично визначає, який з ліфтів найближче до необхідного поверху і направляє його для обслуговування, забезпечуючи більш ефективну і швидку доставку пасажирів. Зокрема, система групового управління ліфтами включає:

- аналіз викликів (система отримує інформацію про всі зареєстровані виклики на різних поверхах від різних ліфтів);
- визначення оптимального ліфта (на основі аналізу викликів та поточного положення ліфтів, система вибирає найбільш оптимальний, ефективний і економічний варіант обслуговування. Як правило, вибирається ліфт, який знаходиться найближче до потрібного поверху або рухається в потрібному напрямку);
- управління рухом (система керує рухом вибраних ліфтів, спрямовуючи їх до потрібних поверхів і координуючи їхню роботу для мінімізації часу очікування);

- оптимізація трафіку (групове управління ліфтами допомагає оптимізувати трафік усередині будівлі, зменшуючи час очікування та покращуючи загальну зручність використання ліфтів.

Сьогодні, очевидно, найбільш оптимальним вирішенням задачі групової роботи є використання штучного інтелекту (ШІ). Це доцільно і з технічної та економічної точок зору, особливо враховуючи тенденції розвитку технологій ШІ.

Управління мережею CANopen (network management, NMT). На додаток до надання служб і протоколів передачі даних процесу та конфігурації пристроїв, робота системи, що поширюється по мережі, вимагає функцій для командного управління комунікаційним станом окремих вузлів мережі. Оскільки передача даних пристроїв CANopen у багатьох випадках керується подіями (event-controlled), також потрібно відстежувати можливість обміну між вузлами мережі. CANopen надає так звані служби управління мережею ("network management", скорочено NMT) та протоколи для цих завдань, а саме управління комунікаційним станом вузлів мережі та моніторинг вузла.

Статус вузла мережі CANopen та стан керування через повідомлення (NMT) CANopen визначає комунікаційний стан мережного вузла в діаграмі стану (state diagram). Шляхом надсилання спеціальних повідомлень CAN (NMT messages), майстер управління мережі (network management master) може керувати комунікаційним станом інших вузлів (підпорядковані вузли в управлінні мережею, network management slaves) мережі CANopen. Наприклад, майстер може однією командою змінити стан всіх вузлів або окремого конкретного вузла. Повідомлення NMT передаються через найвищий пріоритетний ідентифікатор повідомлення (CAN-ID 0). Поле даних цього повідомлення складається лише з 2 байт: необхідний цільовий стан закодовано в першому байті даних, другий байт задає номер вузла, який має змінювати комунікаційний стан. Усі вузли мережі спільно адресуються через віртуальний ідентифікатор вузла node-ID 0; таким чином, однією командою всі вузли мережі можуть бути переведені в робочий стан ("Operational"), щоб робота вузлів почалася одночасно.

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2. Структурна схема ліфтового контролера

Основою будь-якої сучасної розробки є мікроконтролер. Реалізація ліфтового контролера не виняток, більш того в процесі проектування було прийнято і обґрунтовано рішення застосувати 2 мікроконтролера: невеликого мікроконтролера енкодера і центральний, який виконує всі інші функції, окрім обробки сигналів енкодера.

Структурна схема розробленого ліфтового контролера на базі промислового протоколу CANopen представлена на рис. 2.17. Вона містить наступні основні вузли і функціональні блоки:

- центральний мікроконтролер;
- мікроконтролер енкодера;
- LCD дисплей;
- органи керування (локальна клавіатура);
- входи викликів (до 16 постів);
- дві окремих шини CANopen (одна для організації поверхових постів виклику, інша – для зв'язку із блоком ревізії на кабіні та передачі інформації від пульта керування купе кабіни);
- групу релейних виходів для керування виконавчими пристроями;
- групу зовнішніх входів від периферійних пристроїв;
- схему контролю фаз.

Ліфтовий контролер рекомендується виготовляти у вигляді моноплати із розташованими на ній у зручному місці органами керування та візуалізації. По периметру плати необхідно рівномірно розмістити вхідні/вихідні роз'єми для зручності комутацій. Також можливим варіантом реалізації є розробка і використання окремої плати комутацій (у даний проєкт не входить), що забезпечить додаткові зручності в реальних умовах експлуатації, враховуючи величезну кількість вхідних та вихідних ліній зв'язку, що під'єднуються до ліфтового контролера. Однак це не обов'язкова складова, а тільки рекомендаційна.

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

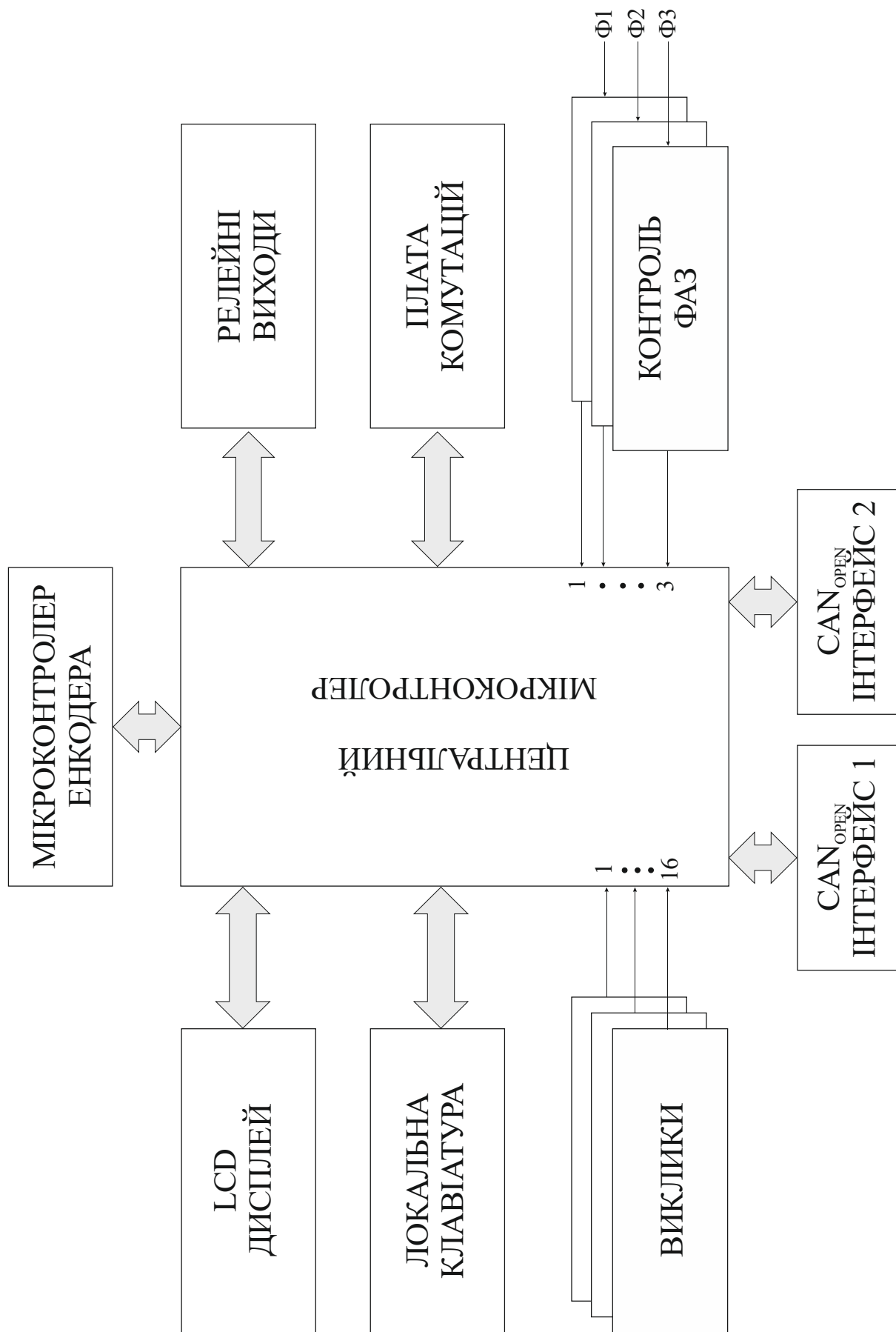


Рисунок 2.17 – Схема електрична структурна ліфтового контролера на базі промислового протоколу CANopen

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. В 2 розділі кваліфікаційної роботи детально розглянуто концепцію протокола CANopen, який взятий за основу даної розробки. Це промисловий протокол, розроблений спеціально для ліфтових застосувань, покликаний покращити роботу периферійних з'єднань, забезпечити високу завадостійкість та безвідмовність роботи.

2. Розроблено схему електричну структурну ліфтового контролера на базі промислового протоколу CANopen та розглянуто його всі основні складові. Дана схема винесена у графічну частину кваліфікаційної роботи у вигляді окремого креслення – КПТР.021010.01.16 Е1.

3. Приведена структурна схема являється новою та сучасною розробкою концепції керування підймальними механізмами, здатна конкурувати на ринку серед розглянутих аналогів. Особливість даного рішення і технічною новизною є розділення CANopen шини на дві окремих лінії, які мають різне функціональне призначення, забезпечуючи більшу швидкодію та мінімізацію помилок передачі даних.

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. РОЗРАХУНОК СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ

#### 3.1. Контролерна частина.

##### 3.1.1. Центральний мікроконтролер.

Ліфтовий контролер – складний радіотехнічний пристрій з потужною електронною і програмною складовими. Перелік задач, які виконує даний пристрій:

- керування силовими елементами (магнітними пускачами, реле, тощо);
- формування необхідного алгоритму роботи підйомального механізму;
- вибір типу ліфта (електричний, гідравлічний);
- вибір типу дверей (автоматичні, напіваавтоматичні, розпашні);
- вибір режиму роботи (нормальний, ревізія);
- узгодження часових інтервалів (таймінгів);
- автоматичне керування дверима;
- контроль фаз;
- контроль температури двигуна лебідки;
- контроль роботи магнітних пускачів;
- гнучкі налаштування під конкретні задачі (перелаштування забезпечує вибір типу підйомального механізму, його швидкості руху, кількості зупинок, динаміки руху, пріоритетність викликів, роботу в групі і т. д.);
- забезпечення роботи з усіма периферійними пристроями (вантажозважувальний пристрій, фотобар'єр, зовнішні давачі (сейсмічні, пожежні));
- контроль кіл безпеки (кінцеві вимикачі, кола дверей шахти і купе кабінки, уловлювачі, система контролю слабини канатів, тощо);
- забезпечення роботи системи позиціонування.

				КІТТР.021010.01.16 ПЗ			
№	Аргумент	№ документа	Підпис	Дата	Листів	Формат	Функція
Розробив	Борисюк В. І.	72-44	<i>[Signature]</i>	12.06		40	43
Перевірив	Степан В. І.		<i>[Signature]</i>				
Н. контрол.	Степан В. І.		<i>[Signature]</i>	12.06			
Холод	Підченко С. К.		<i>[Signature]</i>				
Ліфтовий контролер на базі промислового протоколу CANopen					ЛНУ, гр. ТР2-21-1		
Пояснювальна записка							

Враховуючи таку широку номенклатуру апаратного та функціонального забезпечення, стає очевидним, що реалізація за допомогою одного процесора може бути ускладнена. Тому доцільніше розділити деякі функції між різними мікроконтролерами. Наприклад, всі основні задачі – покласти на центральний процесор, а функцію обробки інформації від енкодера – на окремий невеличкий мікроконтролер. Ще одна причина такого вибору – необхідність забезпечення високої швидкодії та великого масиву даних від енкодера.

В якості центрального контролера оберемо мікроконтролер PIC18F4685, який зарекомендував себе стабільною роботою, доступністю, малою вартістю та широким спектром можливостей (рис. 3.1).

PIC18F4685 – це потужний 8-бітний мікроконтролер від Microchip, що використовує гарвардську архітектуру. Дані контролери широко використовуються в різних областях від звичайної побутової електроніки і до засобів промислової автоматизації.

Технічні особливості мікроконтролера PIC18F4685.

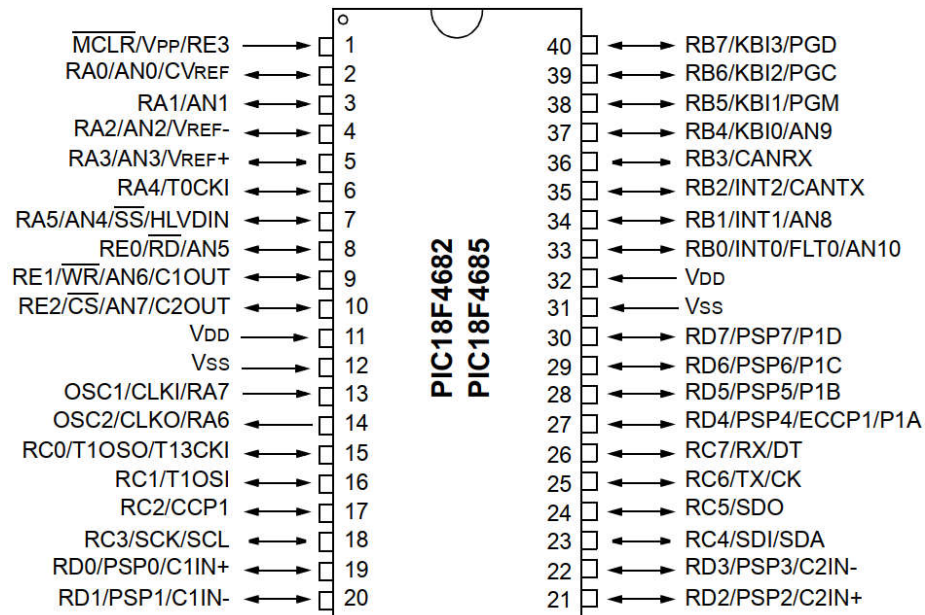
*Параметри живлення:*

- робота – процесор увімкнено, периферійні пристрої увімкнено;
- очікування – процесор вимкнено, периферійні пристрої увімкнено;
- сплячий режим – процесор вимкнено, периферійні пристрої вимкнено;
- струми в режимі очікування до 5,8 мкА;
- струми в режимі сну до 0,1 мкА;
- сторожовий таймер – 2,1 мкА;
- діапазон напруг живлення – 2,0-5,5 В;

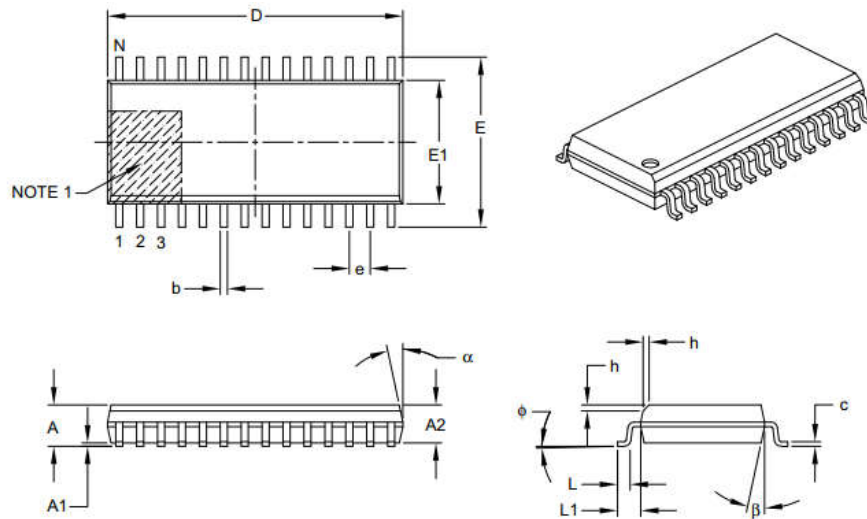
*Частотні параметри:*

- чотири режими кварцового генератора – до 40 МГц;
- 4-кратний контур фазового автопідстроювання частоти (ФАПЧ) – доступний для кварцових та внутрішніх генераторів;
- два зовнішні RC-режими, до 4 МГц;
- два режими зовнішнього тактового генератора, до 40 МГц;
- блок внутрішнього генератора:

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



a)



Dimension Limits	Units	MILLMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	28		
Pitch	e	1.27 BSC		
Overall Height	A	-	-	2.65
Molded Package Thickness	A2	2.05	-	-
Standoff $\S$	A1	0.10	-	0.30
Overall Width	E	10.30 BSC		
Molded Package Width	E1	7.50 BSC		
Overall Length	D	17.90 BSC		
Chamfer (optional)	h	0.25	-	0.75
Foot Length	L	0.40	-	1.27
Footprint	L1	1.40 REF		
Foot Angle Top	$\phi$	0°	-	8°
Lead Thickness	c	0.18	-	0.33
Lead Width	b	0.31	-	0.51
Mold Draft Angle Top	$\alpha$	5°	-	15°
Mold Draft Angle Bottom	$\beta$	5°	-	15°

Рисунок 3.1 – Мікроконтролер PIC18F4685:

a) призначення виводів; б) конструктивні параметри

- 8 частот, що вибираються користувачем, від 31 кГц до 8 МГц;
- забезпечує повний діапазон тактових частот, від 31 кГц до 32 МГц при використанні ФАПЧ;
- налаштування користувачем для компенсації дрейфу частоти;
- вторинний генератор з використанням таймера на 32 кГц;
- монітор тактового генератора – забезпечує безпечне вимкнення, якщо периферійний тактовий генератор зупиняється.

*Спеціальні характеристики мікроконтролера:*

- архітектура, оптимізована для компілятора C, з додатковим розширеним набором інструкцій;
- покращена флеш-пам'ять програм на 100 000 циклів стирання/запису;
- EEPROM-пам'ять даних на 1 000 000 циклів стирання/запису;
- термін збереження даних у флеш-пам'яті EEPROM: > 40 років;
- розмір ОЗП: 3328 Біт;
- розмір пам'яті програм: 96 кБіт;
- самопрограмування під керуванням програмного забезпечення;
- рівні пріоритету для переривань;
- одноцикловий апаратний множник 8x8;
- розширений сторожовий таймер (WDT) – програмований період від 41 мс до 131 с;
- вид монтажу – SMD/SMT;
- вбудований АЦП;
- розрядність АЦП: 10 біт;
- доступні аналогові/цифрові канали – 11;
- інтерфейси: EUSART, I2C, MSSP, SPI;
- кількість ліній вводу/виводу: 36;
- кількість таймерів: 4;
- швидкість передачі повідомлень до 1 Мбіт/с;
- робочий діапазон температур: - 40 С ... + 125 С.

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Архітектура мікроконтролера PIC18F4685 представлена на рис. 3.2.

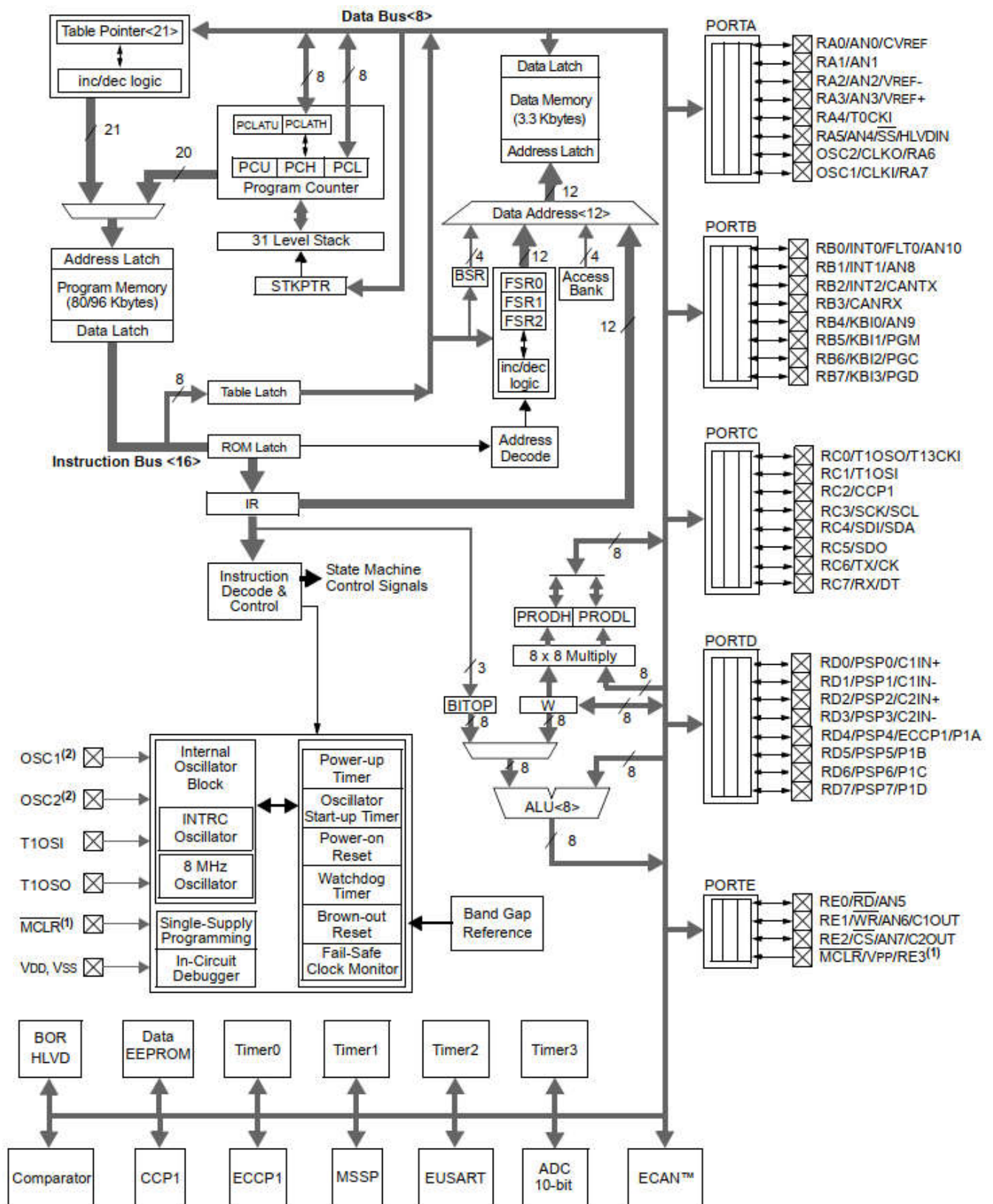


Рисунок 3.2 – Архітектура мікроконтролера PIC18F4685

Схема електрична принципова під'єднання мікроконтролера PIC18F4685 представлена на рис. 3.3. Конденсатор C1 – індивідуальний фільтр живлення. Тактування забезпечує зовнішній кварцовий резонатор BQ1. Штатний режим роботи мікроконтролера сигналізує світлодіод HL3 світловими імпульсами з частотою 1 Гц.

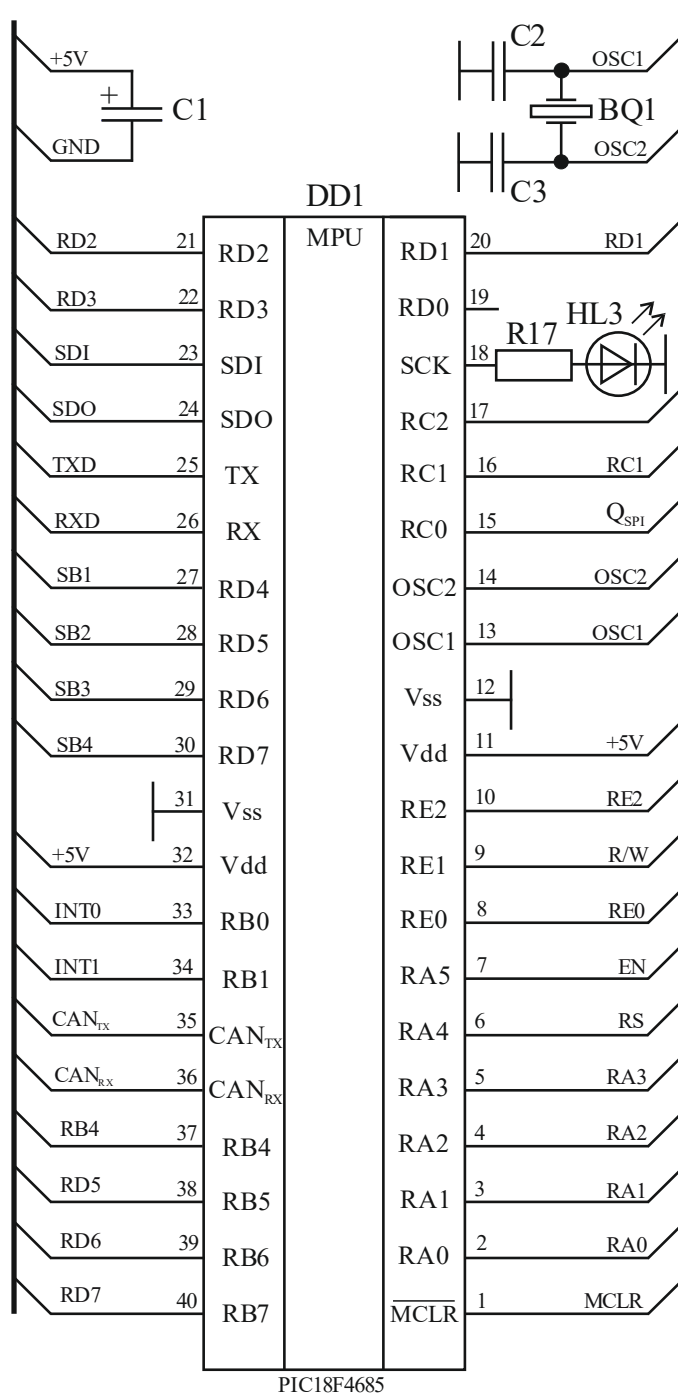
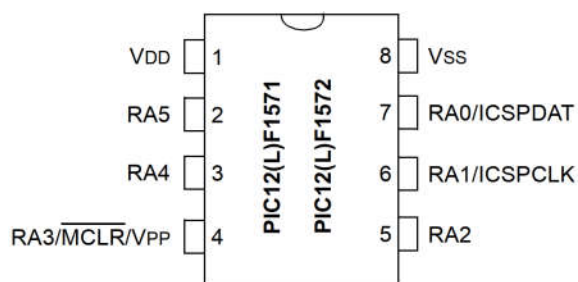


Рисунок 3.3 – Схема електрична принципова центрального мікроконтролера

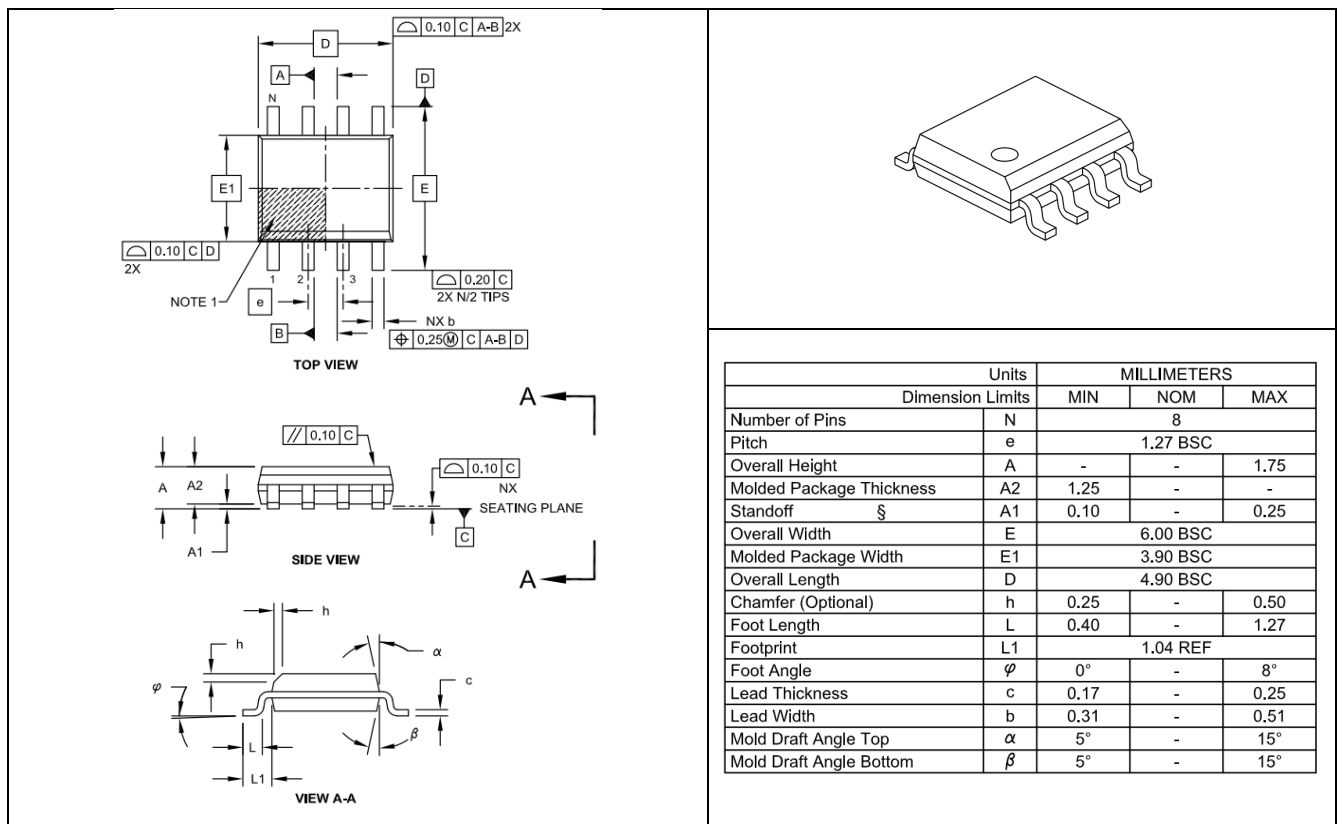
### 3.1.2. Мікроконтролер енкодера

Вимоги до мікроконтролера енкодера дещо відрізняються від центрального. По перше, йому не потрібно великої кількості портів. Достатньо 8-выводного корпусу. По-друге, він виконує тільки одну функцію – обробку імпульсів енкодера. Єдиною вимогою до даного мікроконтролера є його швидкодія.

Таким чином, проаналізувавши технічні вимоги до даного пристрою, було обрано мікроконтролер PIC12F1571 (рис. 3.4).



а)



б)

Рисунок 3.4 – Мікроконтролер PIC12F1571:

а) призначення виводів; б) конструктивні параметри

Мікроконтролер PIC12F1571 поєднують можливості 16-бітних ШІМ з аналоговими, що підходить для різноманітних застосувань. Незалежні від ядра периферійні пристрої (16-бітні ШІМ, генератор додаткових сигналів), вдосконалений універсальний синхронний асинхронний приймач-передавач (EUSART) та аналогові пристрої (АЦП, компаратор та ЦАП) забезпечують зворотний зв'язок та зв'язок із замкнутим контуром для використання в різних сегментах ринку.

Основні характеристики PIC12F1571:

- RISC-архітектура, оптимізована для компілятора C;
- всього 49 інструкцій;
- швидкість роботи:
  - вхідний тактовий сигнал постійного струму 32 МГц;
  - мінімальний цикл інструкцій 125 нс;
- можливість переривання;
- 16-рівневий глибокий апаратний стек;
- два 8-бітних таймери;
- один 16-бітний таймер;
- три додаткові 16-бітні таймери доступні за допомогою 16-бітних ШІМ;
- скидання при ввімкненні живлення (POR);
- таймер ввімкнення живлення (PWRT);
- скидання при зниженні енергоспоживання (LPBOR);
- програмований сторожовий таймер (WDT) до 256 с;
- програмований захист коду;
- пам'ять:
  - флеш-пам'ять програм до 3,5 Кбайт;
  - SRAM-пам'ять даних до 256 байт;
  - режими прямої, непрямої та відносної адресації;
  - 100 тис. циклів стирання/запису;
- діапазон робочої напруги – 2,3 В - 5,5 В;
- внутрішній модуль опорної напруги;

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

- внутрішньосхемне послідовне програмування (ICSP™) через два контакти;
- порти – шість вводу/виводу;
- 10-бітний аналого-цифровий перетворювач (АЦП): до чотирьох зовнішніх каналів; перетворення доступне під час сну;
- компаратор.

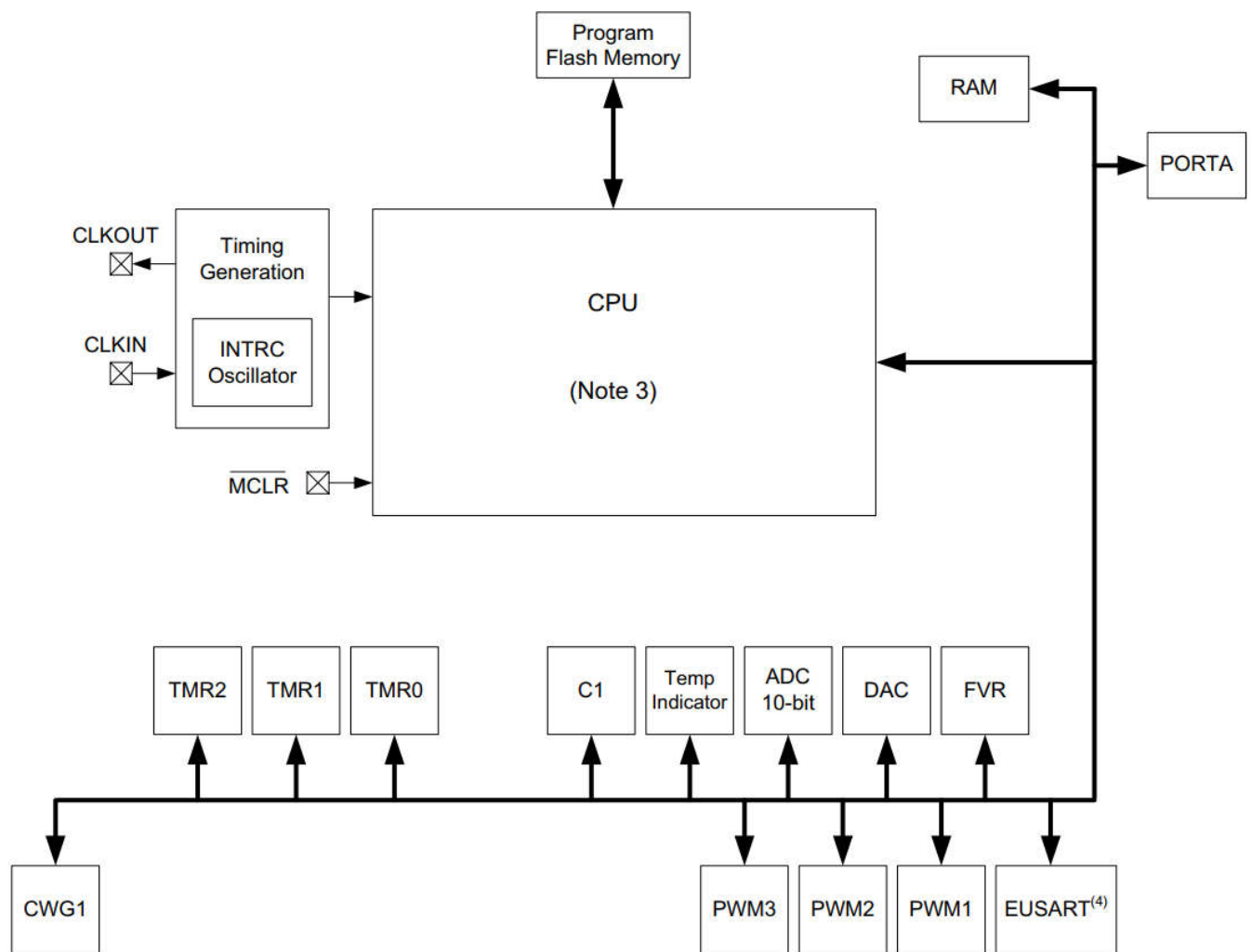


Рисунок 3.5 – Блок-схема мікроконтролера PIC12F1571

Мікроконтролер PIC12F1571 – покращений топовий процесор середнього ряду, який містить покращене 8-бітне ядро процесора середнього класу. Процесор має всього 49 інструкцій. Можливість переривання включає автоматичне збереження контексту. Апаратний стек має 16 рівнів глибини та має можливості скидання при переповненні та недостатньому переповненні.



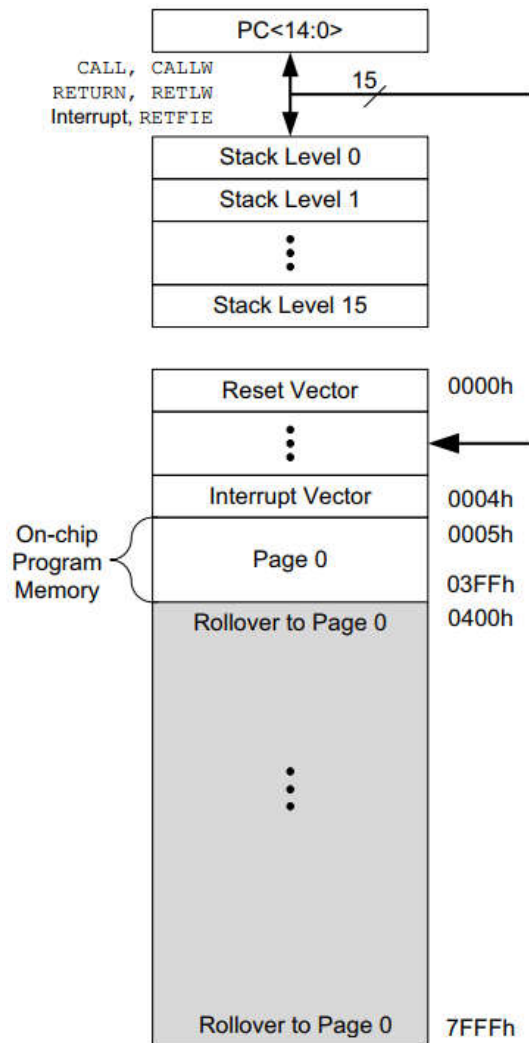


Рисунок 3.7 – Організація стеку пам'яті мікроконтролера PIC12F1571

Модуль генератора має широкий спектр джерел тактової частоти та функцій вибору, що дозволяє використовувати його в широкому діапазоні застосувань, одночасно максимізуючи продуктивність та мінімізуючи споживання енергії. На рисунку 5-1 зображено блок-схему модуля генератора. Джерела тактової частоти можуть живитися від зовнішніх генераторів, кварцових резонаторів, керамічних резонаторів та резисторно-конденсаторних (RC) схем. Крім того, джерело системної тактової частоти може живитися від одного з двох внутрішніх генераторів та схем ФАПЧ, з можливістю вибору швидкості за допомогою програмного забезпечення.

Додаткові функції генератора включають:

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



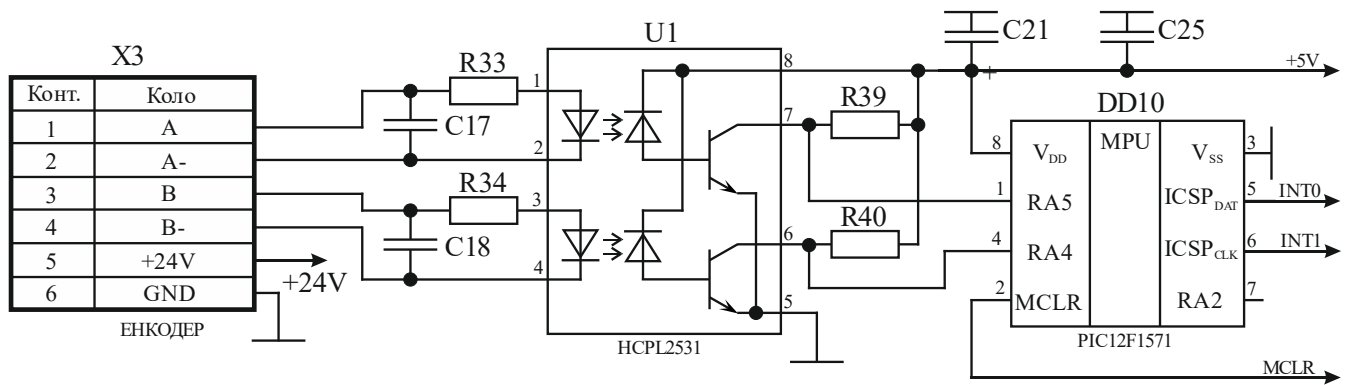


Рисунок 3.9 – Схема електрична принципова мікроконтролера енкодера

Оптичне розв'язання сигналів використовується з наступних причин:

1) вхідні кола (енкодер) і вихідні кола (мікроконтролер) мають велику різницю рівнів напруг живлення – 24 В і 5 В;

2) енкодера встановлені на валу двигуна лебідки і мають довгу лінію зв'язку до станції керування (6-10 м), що може спричинити великий рівень наведень. Ця ситуація усугубляється тим, що часто силові кола живлення двигуна (380 В) і кабель енкодера прокладаються разом.

З виходу подвійного транзисторного оптрона U1 сигнали енкодера поступають на мікроконтролер, де і відбувається їх обробка. Мікроконтролер енкодера і центральний мікроконтролер обміюються інформацією у вигляді потоку даних та сигналів синхронізації.

Сучасні ліфтові системи керування обов'язково повинні вміти працювати із сигналами енкодера. Це пов'язано із тим, що всі лебідки (за винятком старого фонду) містять енкодера, як обов'язкову складову.



Рисунок 3.10 – Зовнішній вигляд енкодерів

Енкодер – це пристрій, який перетворює фізичну дію (наприклад, рух, найчастіше обертовий) на електричний сигнал аналогової або цифрової форми. Фізично він перетворює дані з одного формату в інший, надаючи інформацію про положення, швидкість, напрямок або інші відповідні аспекти системи. По суті, являється елементом зворотного зв'язку, надаючи інформацію про поточний стан системи.

Енкодери поділяються на інкрементні та абсолютні. Також вони є аналогові та цифрові. Можуть бути механічні, магнітні, оптичні, п'єзоелектричні, тощо.

Вони поширені в автоматизації виробничих процесів та робототехніці, перетворюючи лінійний або обертальний рух на електричні сигнали, що вказують положення, швидкість та напрямок.

Розглянемо принцип дії найпростішого енкодера (рис. 3.11). Інкрементні енкодери – це найпростіший тип датчиків. Цей пристрій складається з обертового диска, джерела випромінювання світла та світлоприймальних елементів (фотосенсора). Диск, встановлений на обертовому валу, має заковані на диску шаблони з непрозорих і прозорих секторів.

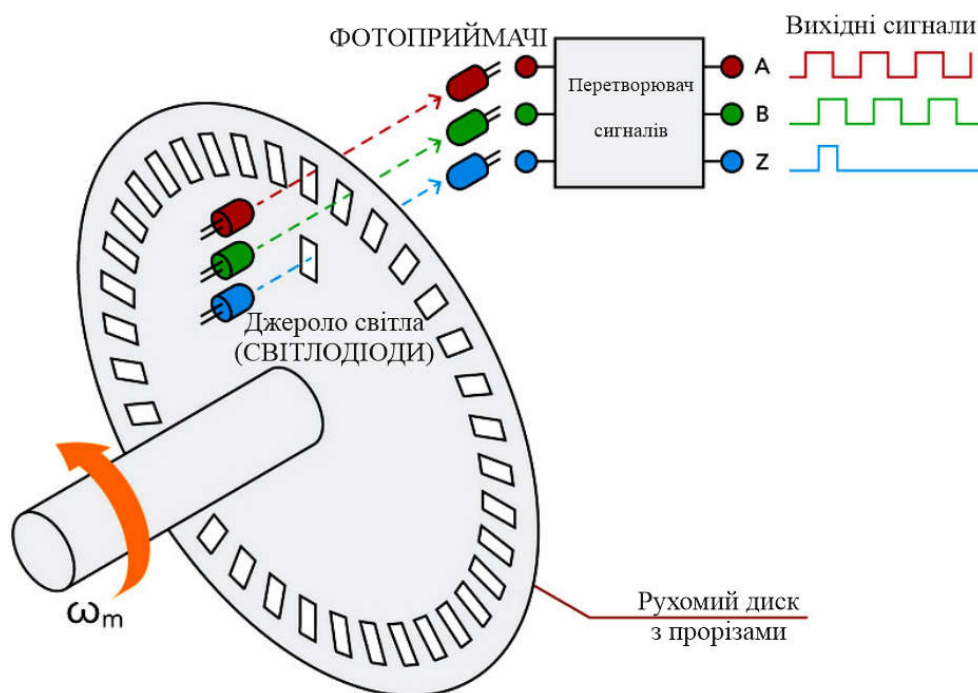


Рисунок 3.11 – Принцип дії енкодера

Під час обертання диска ці шаблони блокують світло, що випромінюється на фотодетектор, генеруючи цифровий або імпульсний вихідний сигнал, також відомий як квадратурний імпульсний сигнал. Інкрементні енкодери забезпечують швидкість обертання або кутову швидкість. Вони можуть вимірювати зміну положення, але не абсолютне положення вала. Оскільки конструктивних елементів мало, це відносно простий і недорогий перетворювач.

Зазвичай інкрементний енкодер використовує два вихідні канали (А і В) для визначення кутового положення. Використовуючи дві кодові доріжки з секторами, зсунутими за фазою на  $90^\circ$ , два вихідні канали квадратурного кодера вказують як положення, так і напрямок обертання. Якщо, наприклад, А випереджає В, диск обертається за годинниковою стрілкою (тобто квадратурно-випереджаючий імпульс). Якщо В випереджає А, то диск обертається проти годинникової стрілки (тобто квадратурно-запізнюючий імпульс). Тому, контролюючи як кількість імпульсів, так і відносну фазу сигналів А та В, можна відстежувати як відносне положення, так і напрямок обертання.

Рухомий диск з прорізами містить певну кількість прорізів, від якої залежить розрізнявальна здатність пристрою: чим більше таких прорізів, тим більше розрізнявальна здатність і точність позиціювання. Визначається кількістю імпульсів на оберт (PPR), та підпорядковується звійковому коду:

$$2^N : 512, 1024, 2048, 4096\dots$$

Як недолік, слід вказати, що на відміну від абсолютних енкодерів, інкрементні енкодери не надають інформації про точне положення пристрою на якому він встановлений. Якщо живлення втрачено, енкодер не знатиме свого положення, доки не зробить повний цикл обертання та не буде виявлено індексний імпульс (якщо він присутній). Однак перевагами інкрементних енкодерів є їх простота, низька вартість, доступність, надійність та використання для простих асинхронних двигунів. Все залежить від технічної задачі, яку необхідно реалізувати. Інкрементні енкодери є ефективним та економічним способом

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

реалізації вимірювання руху, надаючи цінну інформацію про швидкість, напрямок та відносне положення в різних застосуваннях.

Існують і абсолютні енкодері – це датчики, які вимірюють кутове або лінійне переміщення і визначають його не залежно від попередньої позиції. Це означає, що кожен кут або лінійне положення має свій унікальний цифровий вихідний код. На відміну від інкрементних енкодерів, які лише відстежують зміну положення, абсолютні енкодері дозволяють відразу визначити поточне положення, що полегшує їх використання в системах з нестабільною електроенергією або при втраті позиції. В нашому випадку – для синхронних ліфтових лебідок.

Основні особливості абсолютних енкодерів:

- кожному положенню вала відповідає унікальний цифровий код;
- не залежить від початкового положення;
- висока роздільна здатність і точність;
- вимірювання кількості обертів (для багатооборотних енкодерів).

### 3.2. Рідкокристалічний дисплей.

Наявність дисплею на платі ліфтового контролера обов'язкова, так як в будь-який час можуть знадобитися налаштування ліфта. Прийнято рішення використати максимально простий, поширений і дешевий дисплей – LCD1602, який має наступні характеристики (рис. 3.13):

- напруга живлення: +5 В;
- кількість символів ..... 32 символи (16 стовпців x 2 рядків);
- інтерфейс ..... HD44780;
- розрізнявальна здатність ..... розміри точки 0,5×0,5 мм;
- розмір символу ..... 4,35×2,95 мм;
- видима область вікна дисплея ..... 64,5×13,8 мм;
- розміри всього дисплея ..... 80×36×15 мм;
- під світка ..... жовтий;

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



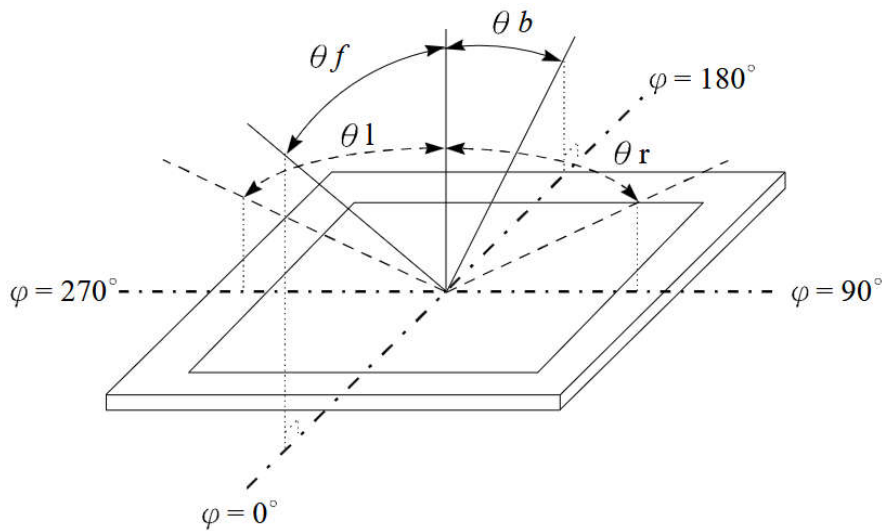
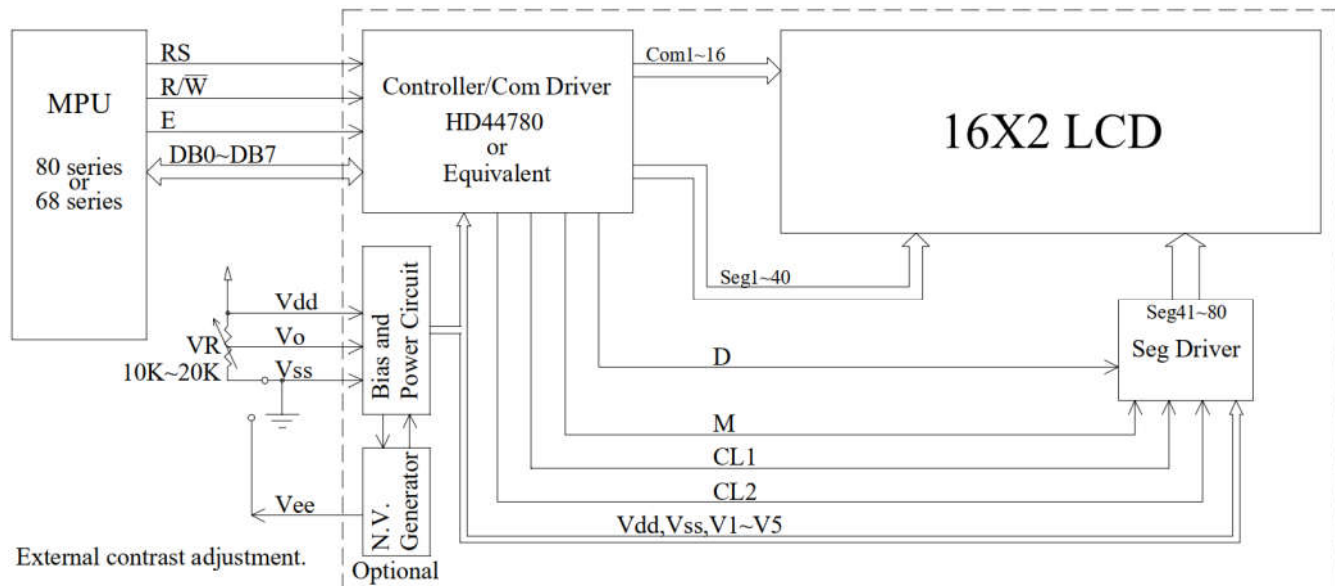


Рисунок 3.13 – Визначення кута огляду дисплея LCD1602,  
виконаного за технологією STN

Таблиця 3.1 – Призначення виводів графічного дисплея LCD1602

№ виводу	Символ	Призначення
1	$V_{ss}$	Корпус
2	$V_{dd}$	Живлення: +3...+5 В;
3	$V_0$	Регулювання контрасту
4	RS	Н/L сигнал вибору регістру
5	R/W	Н/L сигнал читання/запису
6	E	Н→L сигнал вмикання
7	DB0	Н/L шина даних
8	DB1	Н/L шина даних
9	DB2	Н/L шина даних
10	DB3	Н/L шина даних
11	DB4	Н/L шина даних
12	DB5	Н/L шина даних
13	DB6	Н/L шина даних
14	DB7	Н/L шина даних
15	A	+U (4,2 V) – напруга живлення підсвічення
16	K	-U (0 V) – напруга живлення підсвічення



Drive from pin15, pin16

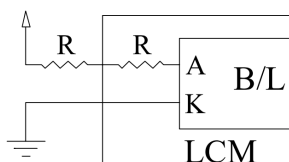


Рисунок 3.14 – Архітектура дисплея LCD1602

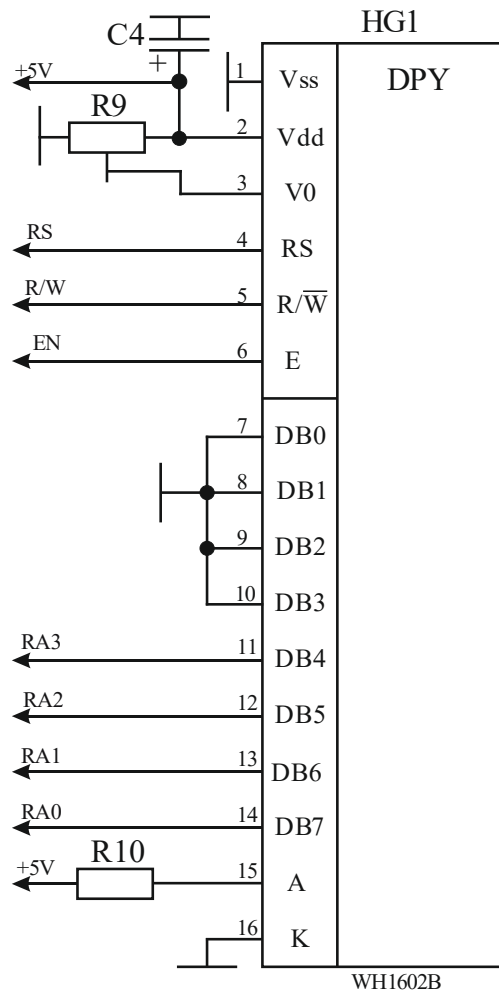
Схема електрична принципова під'єднання LCD дисплея представлена на рис. 3.15. Вона вкрай проста і містить мінімум електрорадіоелементів:

- резистор R9 – змінний і дозволяє здійснювати регулювання контрасту дисплея, регулюючи напругу на виводі 3 (V0);
- резистор R10 – обмежувач струму підсвічування дисплея;
- конденсатор C4 представляє собою фільтр живлення, встановлений якомога ближче до виводу 2 (Vdd).

LCD дисплей з'єднаний з центральним мікроконтролером DD1 за допомогою виводів керування 4 (RS), 5 ( $R/\bar{W}$ ), 6 (E) та інформаційної шини даних DB4-DB7 (відповідно вив. 11-15).

Разом із локальними органами керування ліфтового контролера (рис. 3.16), дисплей дозволяє проводити всі необхідні налаштування. Вимикачі кнопкові SB1-SB4 встановлені на виводах мікроконтролера 2-5 (RA0-RA3). Замикання будь-

якого вимикача призводить до зміни потенціалу на вказаних виводах мікроконтролера з  $+U_{жс}$  до 0 В, що інтерпретується як виклик команди.



WH1602B

Рисунок 3.15 – Схема електрична принципова дисплея LCD1602

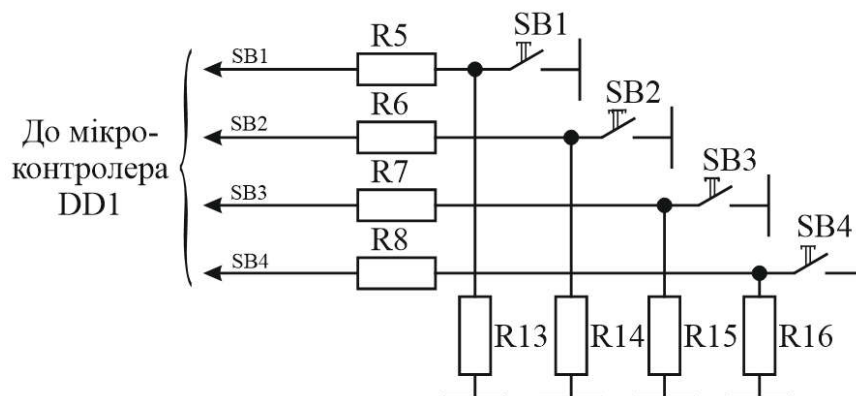


Рисунок 3.16 – Локальні органи керування ліфтового контролера

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



Конт.	Коло
1	AV1
2	AV2
3	RE1
4	RE2
5	RU
6	II
7	V11
8	VA
9	VB
10	VC
11	VD
12	GND

КЕРУВАННЯ 1

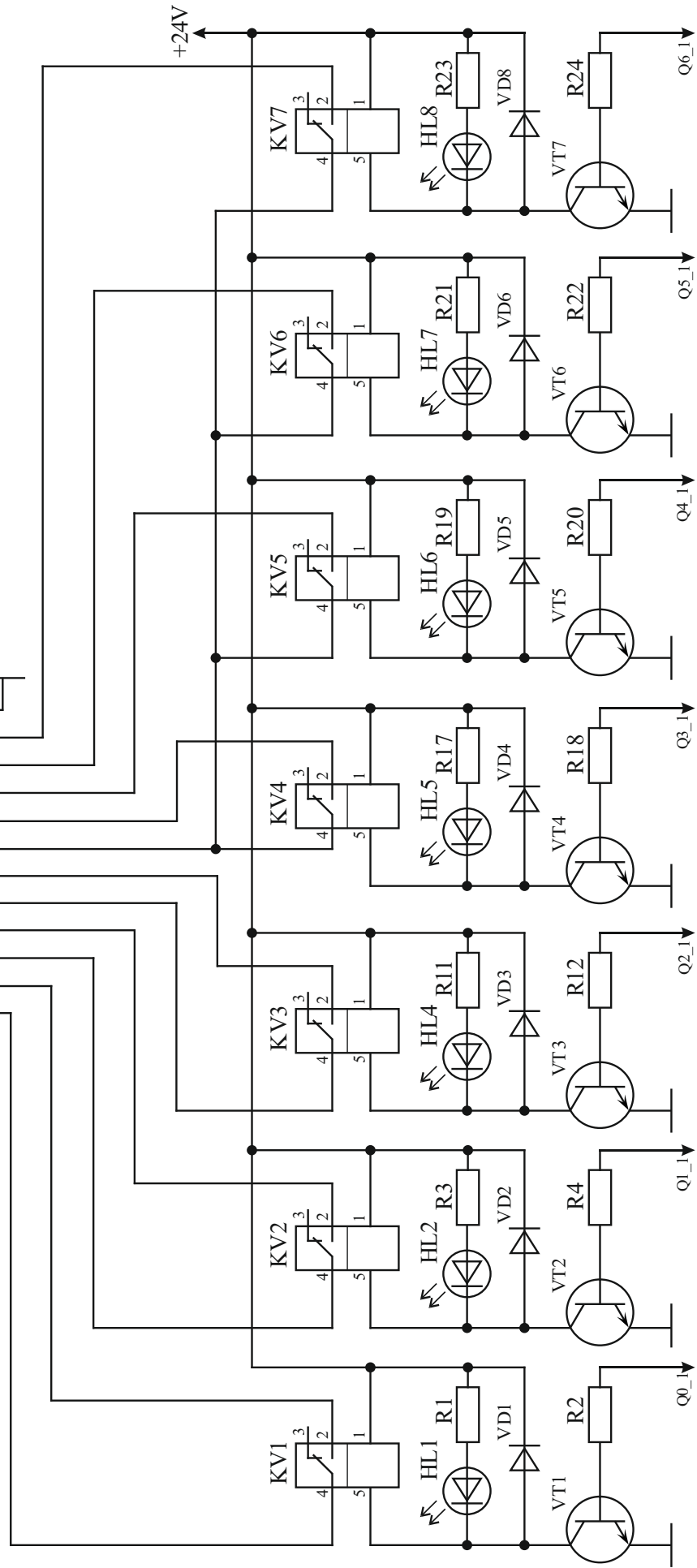


Рисунок 3.18 – Схема електрична принципова кіл керування (початок)

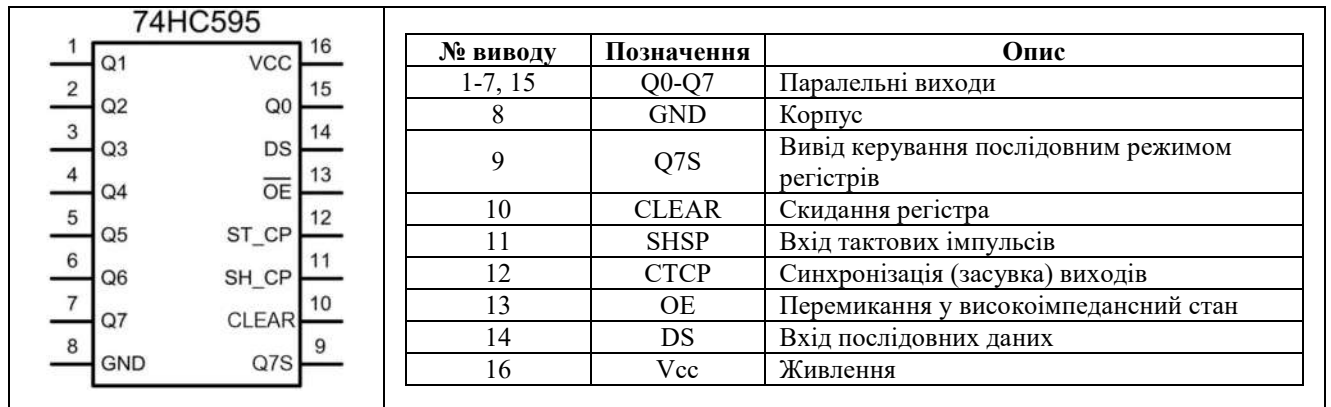
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

КІПТР.021010.01.16 ПЗ

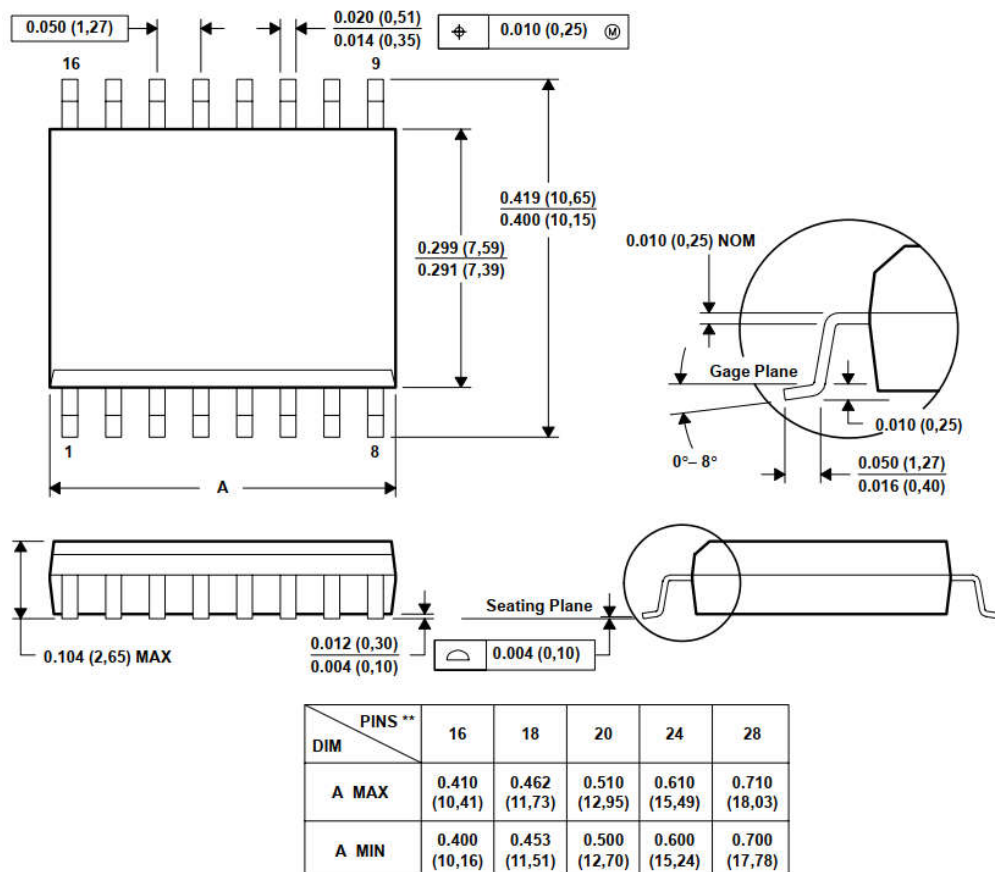
Арк.



Три можливі стани на виході, згадані вище, означають, що вихід регістру може мати не тільки логічний нуль або одиницю (HIGH або LOW), а й бути у високоомному (високоімпедансному) стані коли вихід відключений від схеми. У цей стан не може бути переведений окремий вихід, лише всі виходи регістру разом.



а)



б)

Рисунок 3.20 – Зовнішній вигляд та призначення виводів ІМС SN74HC595N

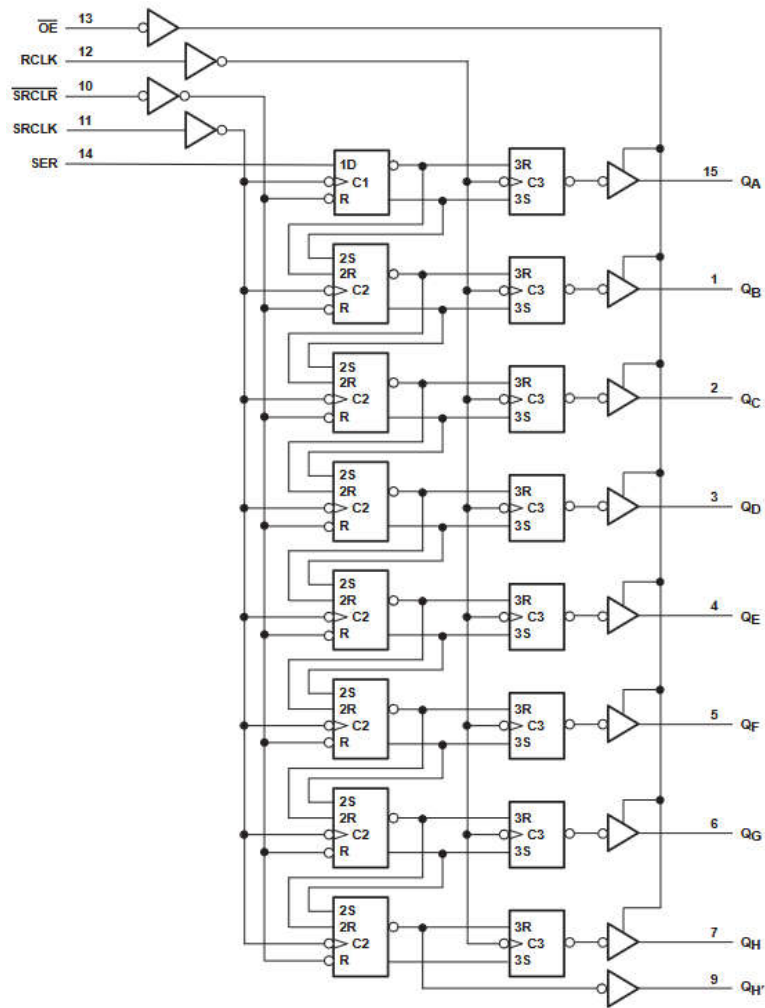


Рисунок 3.21 – Топологія ІМС SN74HC595N

timing diagram

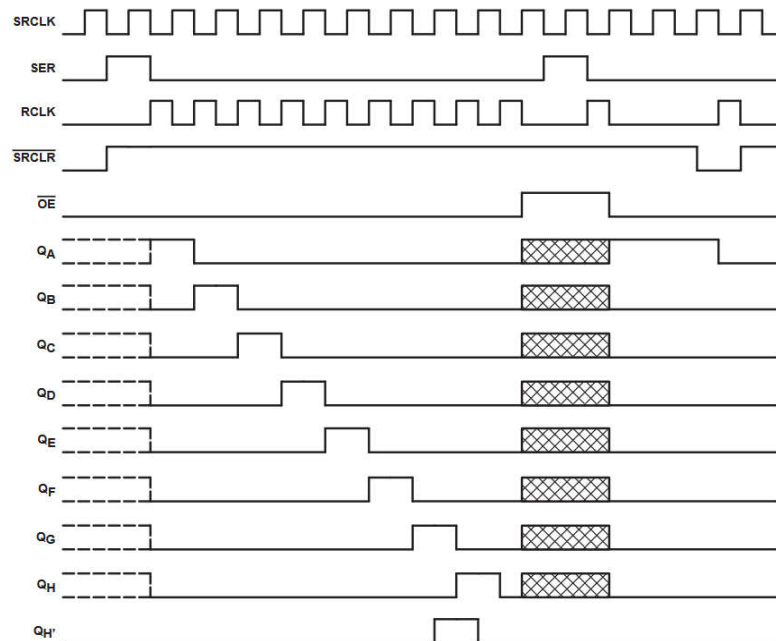


Рисунок 3.22 – Часові діаграми представлення режимів роботи ІМС SN74HC595N

					Арк.	
					КПТР.021010.01.16 ПЗ	
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, дана схемотехнічна реалізація дозволяє забезпечити керування наступними колами – табл. 3.2, 3.3.

Таблиця 3.2 – Реалізовані функції керування (роз'єм X1)

Позначення	Опис
AV1	Повільна швидкість, загальний
AV2	Повільна швидкість
RE1	Режим інспекції, загальний
RE2	Режим інспекції
RU	Вихід головного контактора
11	Вихід головного контактора, загальний
V11	VVVF, загальний
VA	Рух вгору
VB	Велика швидкість 1
VC	Велика швидкість 2
VD	Рух вниз

Таблиця 3.3 – Реалізовані функції керування (роз'єм X2)

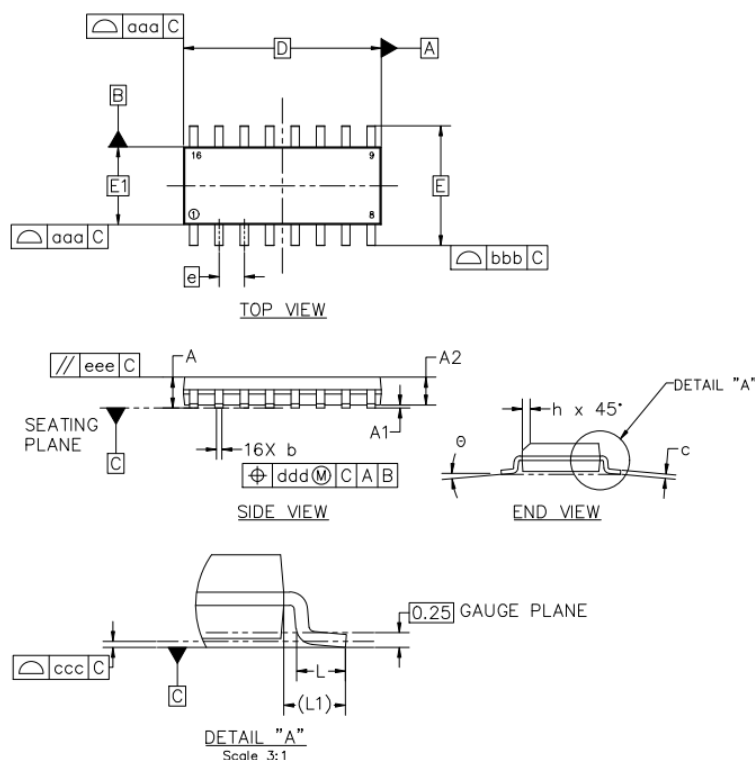
Позначення	Опис
1	Напруга освітлення кабіни, ~220 В
2	Напруга освітлення кабіни, ~220 В
LO	Магнітне відведення (загальний контакт)
LA	Магнітне відведення (NO контакт)
K3	Сигнал закриття дверей
K5	Сигнал відкриття дверей
K15	Сигнал закриття/відкриття дверей, загальний

Як бачимо, тут велика кількість сигналів керування. І стає зрозумілим, що реалізувати їх напряму без розширення кількості портів не вийде.

З іншого боку, у ліфтового контролера є також велика кількість зовнішніх вхідних сигналів (від здавачів, периферійних пристроїв та інш.). Тут задача зворотна, на відміну від попереднього випадку: необхідно адаптувати велику кількість зовнішніх входів під мінімальну кількість виводів мікроконтролера. Реалізація даної функції також можлива завдяки застосуванню цифрових логічних мікросхем. Використаємо ІМС MC74HC597A, яка представляє собою 8-бітний послідовно-паралельний регістр зсуву входу/виходу з фіксатором входу. Причому входи – паралельні, а виходи – послідовні, що мінімізує виводи мікроконтролера.

B	1 ●	16	V <sub>CC</sub>
C	2	15	A
D	3	14	S <sub>A</sub>
E	4	13	SERIAL SHIFT/ PARALLEL LOAD
F	5	12	LATCH CLOCK
G	6	11	SHIFT CLOCK
H	7	10	RESET
GND	8	9	Q <sub>H</sub>

№ виводу	Позначення	Опис
1-7, 15	Q0-Q7	Паралельні входи
8	GND	Корпус
9	Q <sub>H</sub>	Вивід керування послідовним режимом регістрів
10	RESET	Скидання регістра
11	Shift Clock	Вхід тактових імпульсів
12	Latch Clock	Синхронізація (засувка) виходів
13	S/P LOAD	Перемикання у високоімпедансний стан
14	S <sub>A</sub>	Вхід послідовних даних
16	V <sub>CC</sub>	Живлення



MILLIMETERS			
DIM	MIN	NOM	MAX
A	1.35	1.55	1.75
A1	0.10	0.18	0.25
A2	1.25	1.37	1.50
b	0.35	0.42	0.49
c	0.19	0.22	0.25
D	9.90 BSC		
E	6.00 BSC		
E1	3.90 BSC		
e	1.27 BSC		
h	0.25	---	0.50
L	0.40	0.83	1.25
L1	1.05 REF		
θ	0°	---	7°
TOLERANCE OF FORM AND POSITION			
aaa	0.10		
bbb	0.20		
ccc	0.10		
ddd	0.25		
eee	0.10		

Рисунок 3.23 – Зовнішній вигляд та призначення виводів ІМС MC74HC597A





Таблиця 3.4 – Зовнішні входи (роз'єм X6)

Позначення	Опис
869	Сигнал ревізії
817	Крайній низ (сигнал кінцевого перемикача)
818	Крайній верх (сигнал кінцевого перемикача)
500	Сигнал руху вниз в режимі ревізії
501	Сигнал руху вгору в режимі ревізії
K20	Кнопка відкриття дверей/сигнал відкриття фото завіси/реверс
141	Сигнал магнітного давача – сповільнення і зупинка вниз
142	Сигнал магнітного давача – сповільнення і зупинка вгору
ML1	Сигнал магнітного давача – зона дверей 1
ML2	Сигнал магнітного давача – зона дверей 2
KRC	Вхід зворотного зв'язку контакторів
PTC	Терморезистор двигуна

### 3.4. Формувачі CAN шин

Особливістю даного проєкту є використання протоколу CAN для зв'язку між периферійними пристроями ліфта. До таких пристроїв відносяться:

1) основні елементи:

- пульт керування в купе кабіни (як правило 1);
- поверхові пульти виклику (кількість відповідає кількості зупинок);

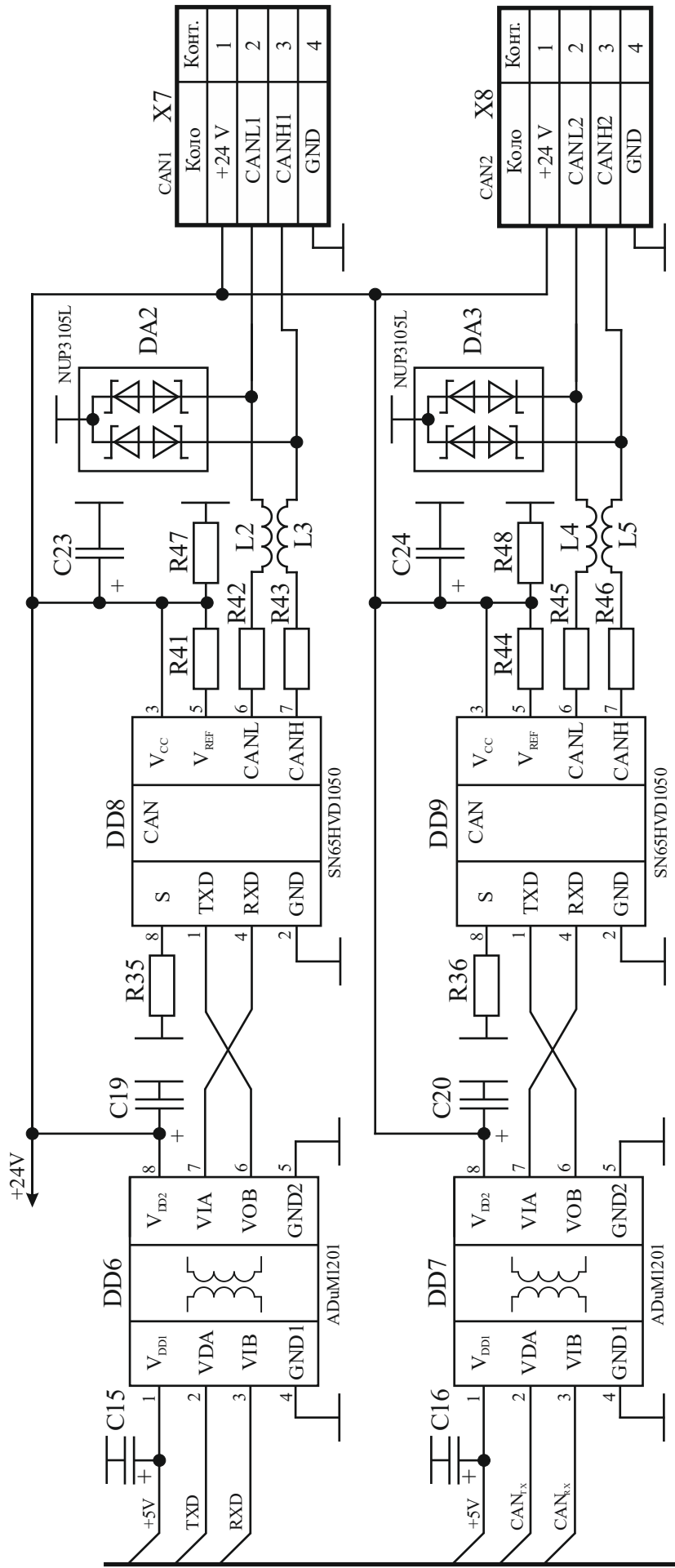
2) додаткові елементи:

- привід дверей (1 або 2, якщо прохідна кабіна);
- сервістул (за наявності чи потреби).

Крім того, це не звичайний CAN, а промисловий різновид протоколу – CANopen, розроблений спеціально для підймальних механізмів (детально розглянутий в розд. 2).

Схема електрична принципова формувачів шини CANopen представлена на рис. 3.26.

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



CAN1 X7	
Коло	Конт.
+24 V	1
CANL1	2
CANH1	3
GND	4

CAN2 X8	
Коло	Конт.
+24 V	1
CANL2	2
CANH2	3
GND	4

Рисунок 3.26 – Схема електрична принципова формувачів шини CANopen

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата
-----	-------	----------	--------	------

Практика показує, що лінії пульта купе кабіни і поверхових викликів слід розділити і реалізувати окремо. Тобто це має бути 2 окремих незалежних CAN шини. Це обумовлено тим, що ми маємо фізично дві незалежних довгих лінії: купе кабіни зі станцією керування пов'язане підвісним кабелем (рис. 3.27), який є рухомим елементом і стаціонарна лінія, прокладена на стіні шахти ліфта.

Обидва канали зв'язку мають велику довжину, в залежності від висоти будівлі (шахти ліфта). Кожна із цих ліній зв'язку має свою специфіку, свій унікальний режим роботи. Відповідно обидві мають різний вплив наведень. Тому було прийнято рішення розділити ці лінії зв'язку і сформувати дві незалежних CAN шини.

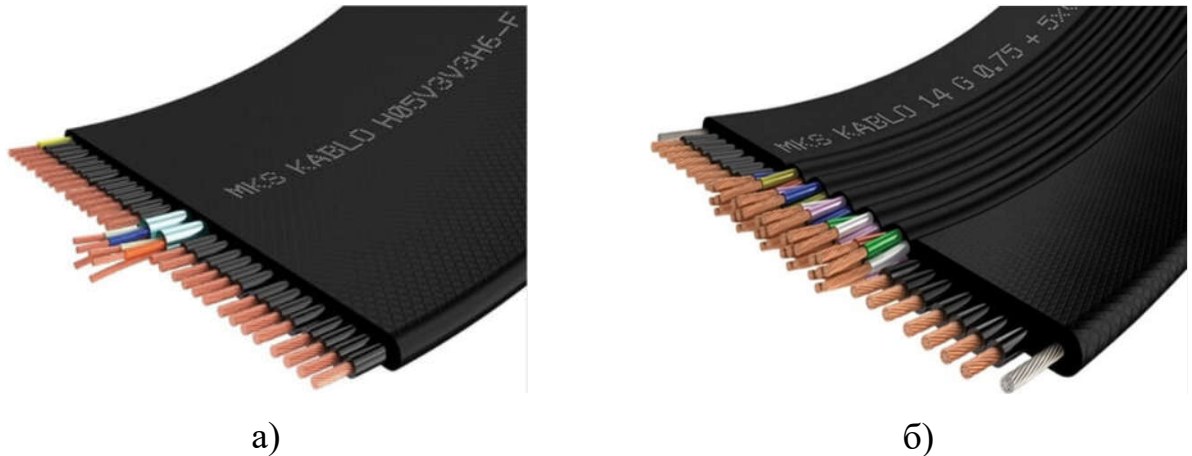


Рисунок 3.27 – Підвісний кабель ліфта

Існують різновиди підвісного кабелю, які містять від 1 до 5 незалежних ізольованих та екранованих CAN шини (рис. 3.27,а – 2 CAN шини, рис. 3.27,б – 5 CAN шин).

Схемотехнічно реалізація обох каналів ідентична, тому розглянемо роботу тільки одного із них. Враховуючи тривалу протяжність провідників CAN шини (десятки метрів) та рівень можливих наведень, логічним рішенням є використання надійного пристрою гальванічної розв'язки. Прийнято рішення застосувати цифрові ізолятори серії ADuM<sub>XXXX</sub>, враховуючи специфіку CAN шини.

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Цифрові ізолятори з технологією iCoupler® дозволяють впроваджувати ізоляцію в конструкціях без обмежень щодо вартості, розміру, потужності, продуктивності та надійності. Вони відповідають широкому діапазону вимог та являються єдиними сертифікованими в області цифрових технологій ізоляторами. Ці магнітно-ізольовані пристрої відповідають тим самим суворим стандартам безпеки, що й оптопари.

Особливості даних цифрових ізоляторів:

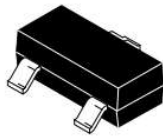
- одно- та багатоканальні ізолятори даних;
- цифрові ізолятори з ізольованим живленням;
- високий рівень ізоляції;
- ізольовані драйвери логічних елементів;
- цифрові ізолятори драйвери заслонів;
- USB-ізолятори;
- ізольовані CAN-трансивери;
- ізольовані RS-485-трансивери;
- ізольовані RS-232-трансивери;
- ізольовані  $\Sigma$ - $\Delta$  модулятори;
- висока продуктивність – 4-кратне покращення швидкості передачі даних та характеристик синхронізації;
- інтеграція кількох каналів ізоляції в одному корпусі;
- низьке споживання енергії (до 90% нижче, ніж оптопари) ;
- простота використання;
- висока надійність.

Використаємо пристрій ADuM1201, який в одному корпусі містить подвійний цифровий ізолятор ф. Analog Devices (рис. 3.28, 3.29). Поєднуючи високошвидкісні КМОП-транзистори та технологію монолітного трансформатора, ці ізолятори забезпечують високі характеристики, які перевершують альтернативи, такі як оптопари. Уникаючи використання світлодіодів та фотодіодів, пристрої iCoupler усувають труднощі проектування, зазвичай пов'язані з оптопарами. Типові проблеми з оптопарами, пов'язані з невизначеними коефіцієнтами передачі струму,

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		







SOT-23  
CASE 318  
STYLE 27

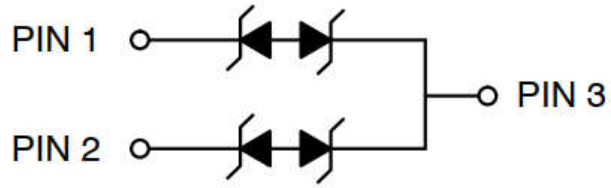


Рисунок 3.32 – Зовнішній вигляд і призначення виводів мікробірки NUP3105L

Рекомендована виробником схема підключення супресора NUP3105L до CAN шини представлена на рис. 3.33. Як бачимо, це класичне ввімкнення, при якому супресор під'єднується між кожною лінією шини і землею.

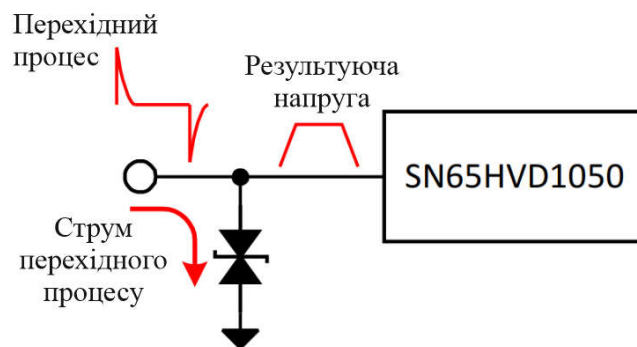
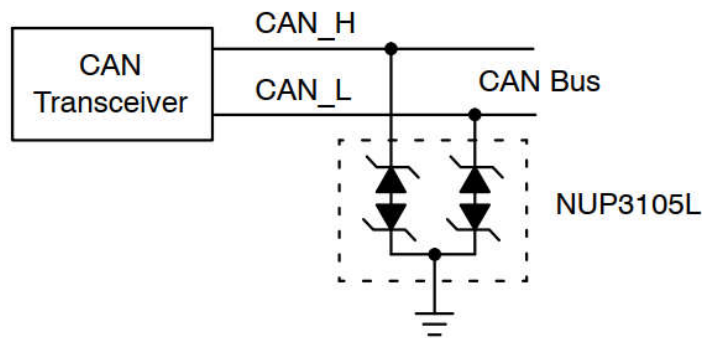


Рисунок 3.32 – Рекомендована схема підключення супресора NUP3105L

Напівпровідникові обмежувачі напруги встановлюються для захисту електроніки від стрибків напруги. Вони мають яскраво виражену нелінійну вольт-амперну характеристику (ВАХ) і дуже високу швидкодію.

### 3.5. Контроль фаз.

Контролювати наявність і кількість фаз не являється не обов'язковою задачею для роботи ліфтового контролера. На алгоритм працездатності це ніяк не вплине. Однак моніторинг фаз забезпечить додатковий функціонал, який дозволить обслуговуючій організації виявляти причину зупинки (непрацездатності) і відповідно на це реагувати. В тому числі забезпечувати дистанційний контроль за допомогою системи диспетчеризації. Крім того, для ліфтів без частотного перетворювача важливо забезпечити захист двигуна від перекосу фаз та відсутності окремих фаз. Використовуючи інформацію ліфтового контролера можна запобігти виходу із ладу двигуна лебідки. При наявності частотного перетворювача ця інформація може бути використана для переходу на режим роботи від 2 або навіть 1 фази. Деякі частотні перетворювачі мають таку технічну можливість. Або переходити в режим тимчасової роботи (евакуації) від внутрішніх акумуляторів.

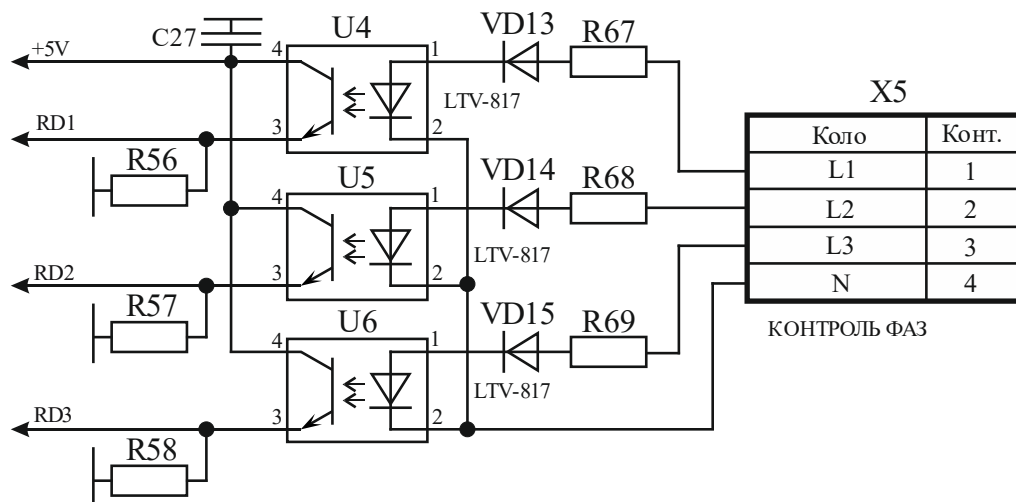


Рисунок 3.33 – Схема електрична принципова контролю фаз

Реалізована схема контролю фаз на основі оптичного розв'язання за допомогою оптронів U4-U6 типу LTV-817 (рис. 3.34). Вхідна напруга фаз L1-L3 через обмежуючі резистори R67-R69 поступає на випрямні діоди VD13-VD15 і на



Схема електрична принципова контролю кіл безпеки представлена на рис. 3.35. Основними елементами, які потребують постійного і безперервного контролю є:

1) елементи безпеки:

- кнопка “STOP” (дублюється багатократно);
- кінцевий вимикач уловлювача;
- кінцевий вимикач обмежувача швидкості;
- кінцевий вимикач натяжного пристрою;
- кінцевий вимикач слабину підймальних канатів (СПК);
- кінцевий вимикач давача переспуску та перепідйому;

2) двері купе кабіни (рис. 3.35);

3) двері шахти (рис. 3.35).

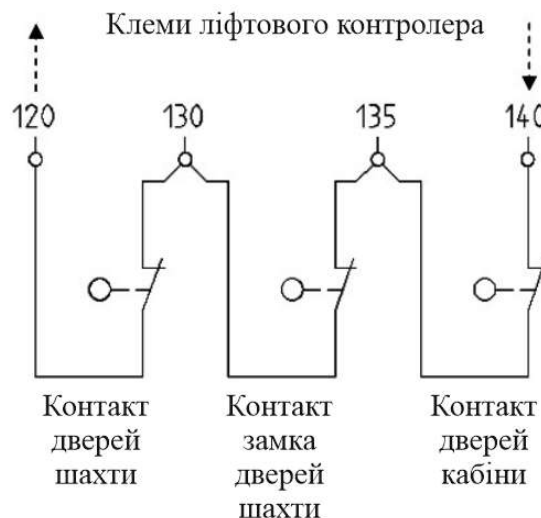


Рисунок 3.35 – Частина кола безпеки, яка відповідає за всі двері

Основою схеми є пристрої оптичного розв’язання (U2, U3, U7, U8) і буферні каскади, зібрані на транзисторах (VT12- VT15). Оптична розв’язка потрібна з двох причин: по-перше напруга кола безпеки 220 В і , по-друге, саме коло безпеки представляє собою довгу лінію (кілька десятків або навіть сотні метрів) з можливістю великого рівня наведень.

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

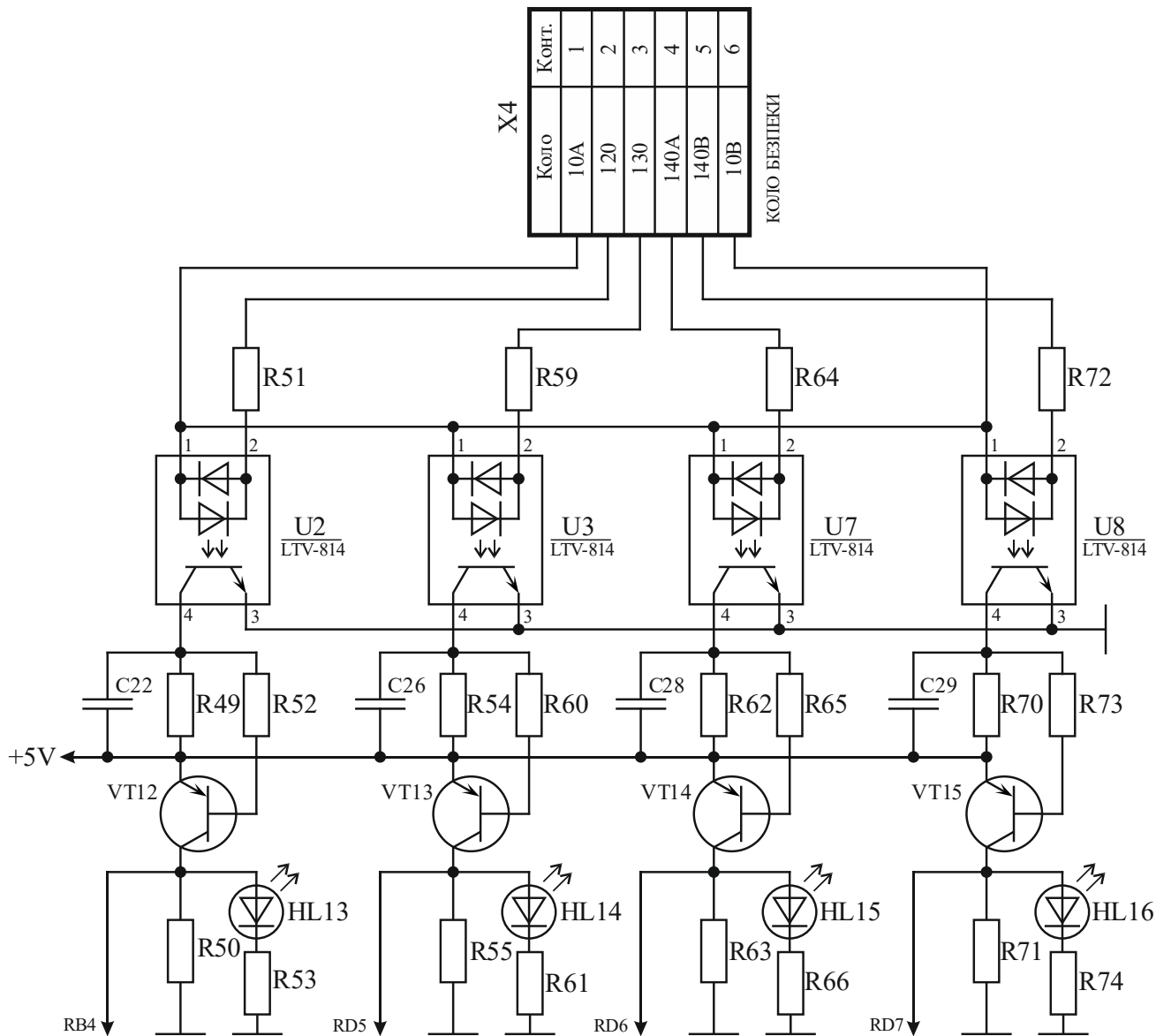


Рисунок 3.36 – Схема електрична принципова контролю кіл безпеки

### 3.7. Схема живлення.

Ліфтовий контролер живиться зовнішньою нестабілізованою напругою +24 В, сформованою станцією керування. Зрозуміло, що в цьому випадку необхідно спроектувати власний понижуючий DC-DC перетворювач-стабілізатор. Для цього промисловістю розроблено велику кількість спеціальних інтегральних перетворювачів, тому оберемо один із найдоступніших і дешевших – XL4005E1 (рис. 3.37).

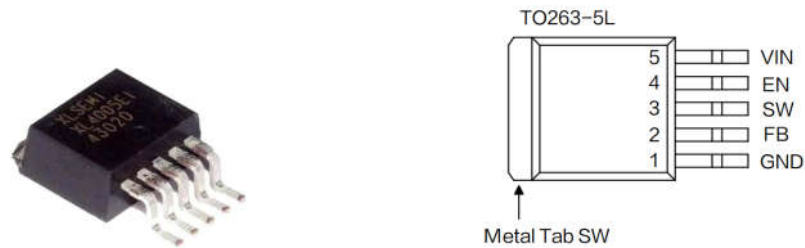


Рисунок 3.37 – Зовнішній вигляд і призначення виводів XL4005E1

Знижувальний перетворювач XL4005E1 – високоефективний конвертер DC-DC, розроблений для зниження вхідної постійної напруги в межах від 5-32 В до вихідної напруги 0,8-30 В. Вихідний струм при цьому – до 5 А (захист спрацьовує при значенні 8 А). Має високу стабільність та високий ККД – 96%. Мікросхемка XL4005E1 містить захист від короткого замикання та термозахист. Ліфтовий контролер у різних режимах роботи споживає 0,5-1 А струму. Таким чином, обрана схемотехніка блоку живлення, забезпечує 5-кратний запас за струмом. Частота перетворення – 300 кГц, що значно мінімізує масо-габаритні показники, особливо індуктивних елементів.

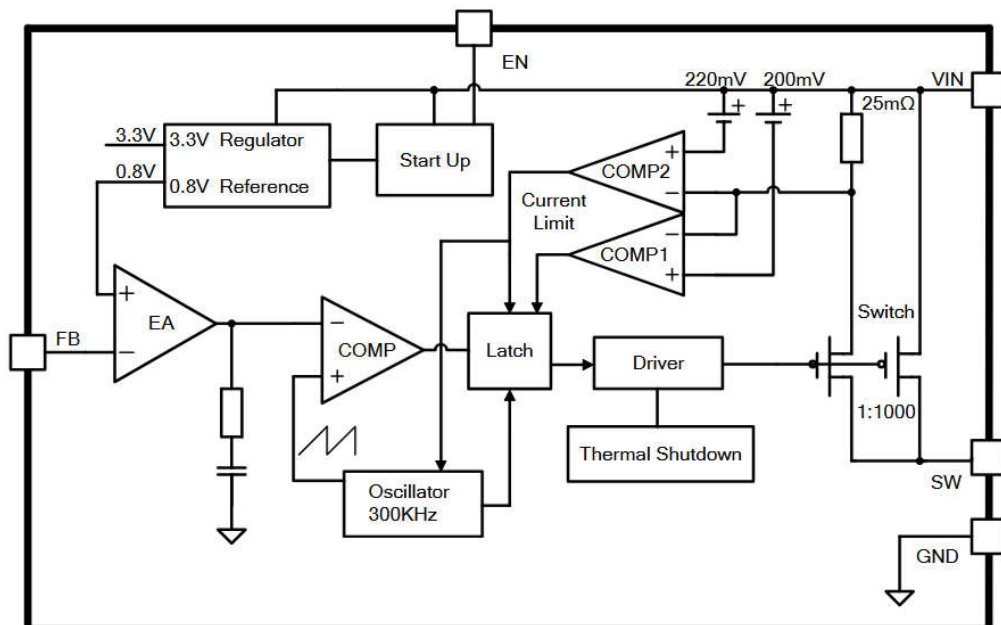


Рисунок 3.38 – Блок-схема інтегральної мікросхемки DC-DC перетворювача XL4005E1

										Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата						



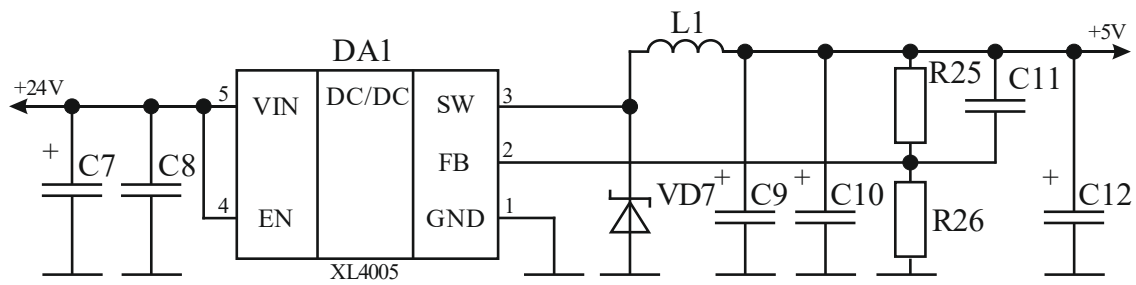


Рисунок 3.40 – Схема електрична принципова DC-DC перетворювача на XL4005E1

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Згідно технічного завдання, виданого кафедрою телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій, спроектовано схему електричну принципову ліфтового контролера. Розглянуто принцип дії та призначення всіх складових схеми.

2. Пристрій має широку номенклатуру функціональних характеристик:

- керування силовими елементами (магнітними пускачами, реле, тощо);
- формування необхідного алгоритму роботи підйимального механізму;
- вибір типу ліфта (електричний, гідравлічний);
- вибір типу дверей (автоматичні, напівавтоматичні, розпашні);
- вибір режиму роботи (нормальний, ревізія);
- узгодження часових інтервалів (таймінгів);
- автоматичне керування дверима;
- контроль фаз;
- контроль температури двигуна лебідки;
- контроль роботи магнітних пускачів;
- гнучкі налаштування під конкретні задачі (перелаштування забезпечує вибір типу підйимального механізму, його швидкості руху, кількості зупинок, динаміки руху, пріоритетність викликів, роботу в групі і т. д.);
- забезпечення роботи з усіма периферійними пристроями (вантажозважувальний пристрій, фотобар'єр, зовнішні давачі (сейсмічні, пожежні));

- контроль кіл безпеки (кінцеві вимикачі, кола дверей шахти і купе кабіни, уловлювачі, система контролю слабини канатів, тощо);

- забезпечення роботи системи позиціювання.

3. Особливістю схеми є наявність двох мікроконтролерів – потужного центрального, який виконує всі функції і невеликого мікроконтролера, який обробляє тільки сигнали з енкодера системи позиціювання.

4. Відповідність вимогам нового регламенту EN81-20, EN81-50 з можливістю підтримки старого ДСТУ EN81-1/2.

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

1. В кваліфікаційному проекті проаналізовано всю номенклатуру пристроїв ліфтової електроніки, наведено їх класифікаційну характеристику. Детально розглянуто окремі та інтегровані рішення реалізації ліфтових контролерів. Кожен вид має свої переваги та недоліки. Роздільні рішення простіші (так як кожна складова окремо значно простіша, ніж об'єднаний блок). Також вони забезпечують більшу гнучкість реалізації та підлаштування до потрібних задач (особливо у випадку модернізації старого фонду або виконанні специфічних замовлень). Крім того є можливість окремої заміни одного блоку без втручання в інший (при виході з ладу або зміні призначення). Інтегровані рішення компактніші, так як містять в одному корпусі відразу два пристрої. Однак вони дорожчі, складніші і у разі виходу з ладу або непрацездатності навіть незначної частини блоку, потрібно замінювати фактично всю систему. На основі проведено аналізу обрано пристрій-прототип ARL-300. Здійснено перелік його функціональних характеристик із зазначенням найважливіших та ключових елементів. Вибір здійснено на користь окремого ліфтового контролера.

2. Детально розглянуто концепцію протокола CANopen, який взятий за основу заної розробки. Це промисловий протокол, розроблений спеціально для ліфтових застосувань, покликаний покращити роботу периферійних з'єднань, забезпечити високу завадостійкість та безвідмовність роботи. Розроблено схему електричну структурну ліфтового контролера на базі промислового протоколу CANopen та розглянуто його всі основні складові. Приведена структурна схема являється новою та сучасною розробкою концепції керування підймальними механізмами, здатна конкурувати на ринку серед розглянутих аналогів. Особливість даного рішення і технічною новизною є розділення CANopen шини на дві окремих лінії, які мають різне функціональне призначення, забезпечуючи більшу швидкодію та мінімізацію помилок передачі даних.

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Згідно технічного завдання, виданого кафедрою телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій, спроектовано схему електричну принципову ліфтового контролера. Розглянуто принцип дії та призначення всіх складових схеми. Пристрій має широку номенклатуру функціональних характеристик:

- керування силовими елементами (магнітними пускачами, реле, тощо);
- формування необхідного алгоритму роботи підйимального механізму;
- вибір типу ліфта (електричний, гідравлічний);
- вибір типу дверей (автоматичні, напівавтоматичні, розпашні);
- вибір режиму роботи (нормальний, ревізія);
- узгодження часових інтервалів (таймінгів);
- автоматичне керування дверима;
- контроль фаз;
- контроль температури двигуна лебідки;
- контроль роботи магнітних пускачів;
- гнучкі налаштування під конкретні задачі (перелаштування забезпечує вибір типу підйимального механізму, його швидкості руху, кількості зупинок, динаміки руху, пріоритетність викликів, роботу в групі і т. д.);
- забезпечення роботи з усіма периферійними пристроями (вантажозважувальний пристрій, фотобар'єр, зовнішні давачі (сейсмічні, пожежні));
- контроль кіл безпеки (кінцеві вимикачі, кола дверей шахти і купе кабіни, уловлювачі, система контролю слабину канатів, тощо);
- забезпечення роботи системи позиціювання.

Особливістю схеми є наявність двох мікроконтролерів – потужного центрального, який виконує всі функції і невеликого мікроконтролера, який обробляє тільки сигнали з енкодера системи позиціювання та відповідність вимогам нового регламенту EN81-20, EN81-50 з можливістю підтримки старого ДСТУ EN81-1/2.

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



19. Технічний опис LCD1602. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.alldatasheet.com/> (Дата звернення 06.05.2025).
20. Технічний опис SN74HC595N. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.alldatasheet.com/> (Дата звернення 06.05.2025).
21. Технічний опис MC74HC597A. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.alldatasheet.com/> (Дата звернення 07.05.2025).
22. Технічний опис ADuM1201. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.alldatasheet.com/> (Дата звернення 08.05.2025).
23. Технічний опис SN65HVD1050. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.alldatasheet.com/> (Дата звернення 09.05.2025).
24. Технічний опис NUP3105L. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.alldatasheet.com/> (Дата звернення 10.05.2025).
25. Технічний опис LTV-817. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.alldatasheet.com/> (Дата звернення 11.05.2025).
26. Технічний опис XL4005E1. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.alldatasheet.com/> (Дата звернення 12.05.2025).

					КПТР.021010.01.16 ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

# ДОДАТКИ ДОДАТОК А. ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

## ПЛАКАТ 1

### ВИБІР ПРИСТРОЮ-ПРОТОТИПУ

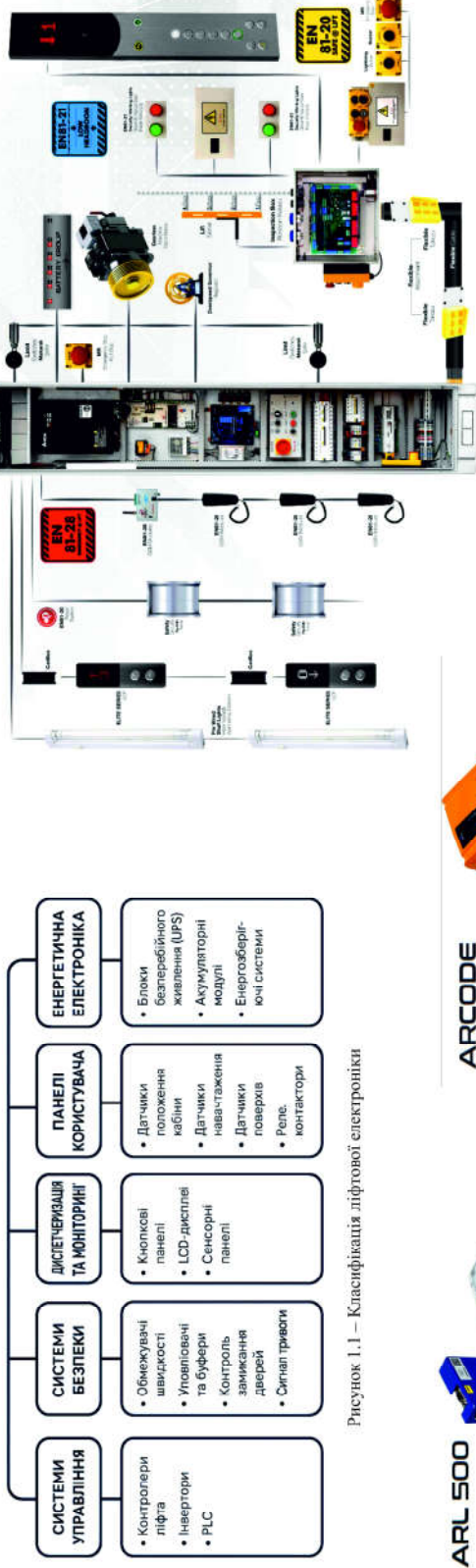


Рисунок 1.1 – Класифікація ліфтової електроніки

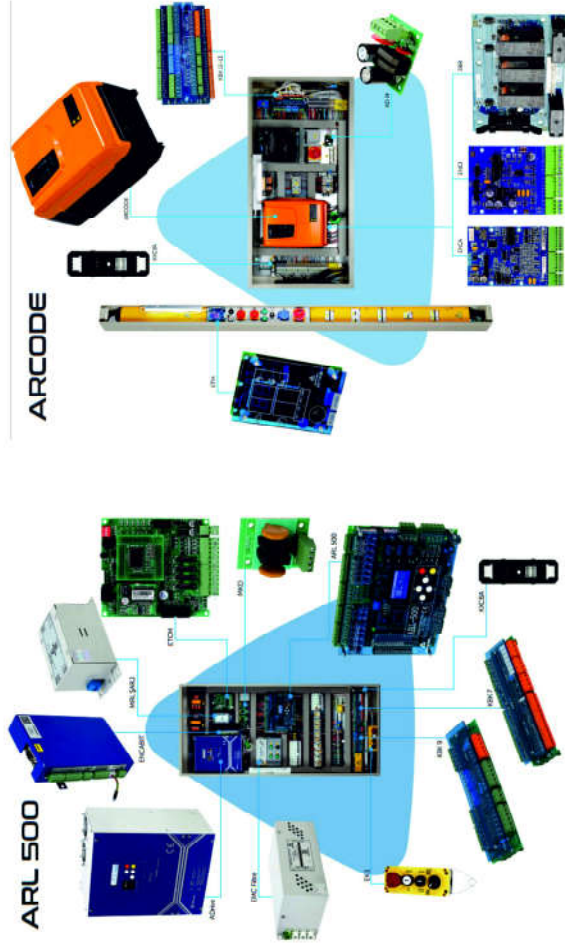


Рисунок 1.3 – Варіант роздільної реалізації у вигляді частотного перетворювача ADrive і окремого ліфтового контролера ARL-500

Рисунок 1.2 – Стандартний перелік складових ліфтра та їх послідовня

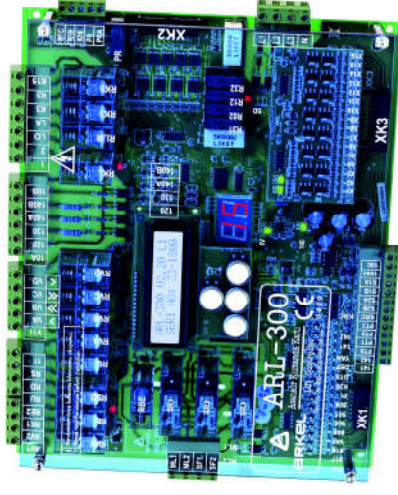


Рисунок 1.5 – Пристрій-прототип ARL-300 у вигляді окремого ліфтового контролера

Рисунок 1.4 – Варіант інтегрованого частотного перетворювача ARCODE









*Хмельницький національний університет*

*Факультет інформаційних технологій*

*Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій*

**Борищук Владислав Ігорович**

**ЛІФТОВИЙ КОНТРОЛЕР НА БАЗІ ПРОМИСЛОВОГО  
ПРОТОКОЛУ CANopen**

Спеціальність: 172 “Телекомунікації та радіотехніка”

Освітня програма: *«Телекомунікації, медійні технології  
та інтелектуальні мережі»*

*Науковий керівник – к.т.н., доцент, Стецюк В. І.*

*Хмельницький, 2025 р.*



## МЕТА ПРОЄКТУ

2

**Створення спеціалізованого ліфтового контролера для керування роботою підймальних механізмів.**

## ОСНОВНІ ЗАВДАННЯМ КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ПРОЄКТУ

1. Здійснити аналітичний огляд і аналіз сучасних методів керування підймальними механізмами, привести приклади найближчих аналогів.
2. Розробити структурну схему ліфтового контролера.
3. Розробити принципову схему ліфтового контролера.
4. Зробити детальний аналіз отриманих результатів та привести висновки.

## КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ МІСТИТЬ

1. Текстову документацію:
  - пояснювальна записка (3 розділи) – 97 арк.;
2. Графічну документацію (креслення, плакати) - 4 арк.



## КЛАСИФІКАЦІЯ ЛІФТОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

3



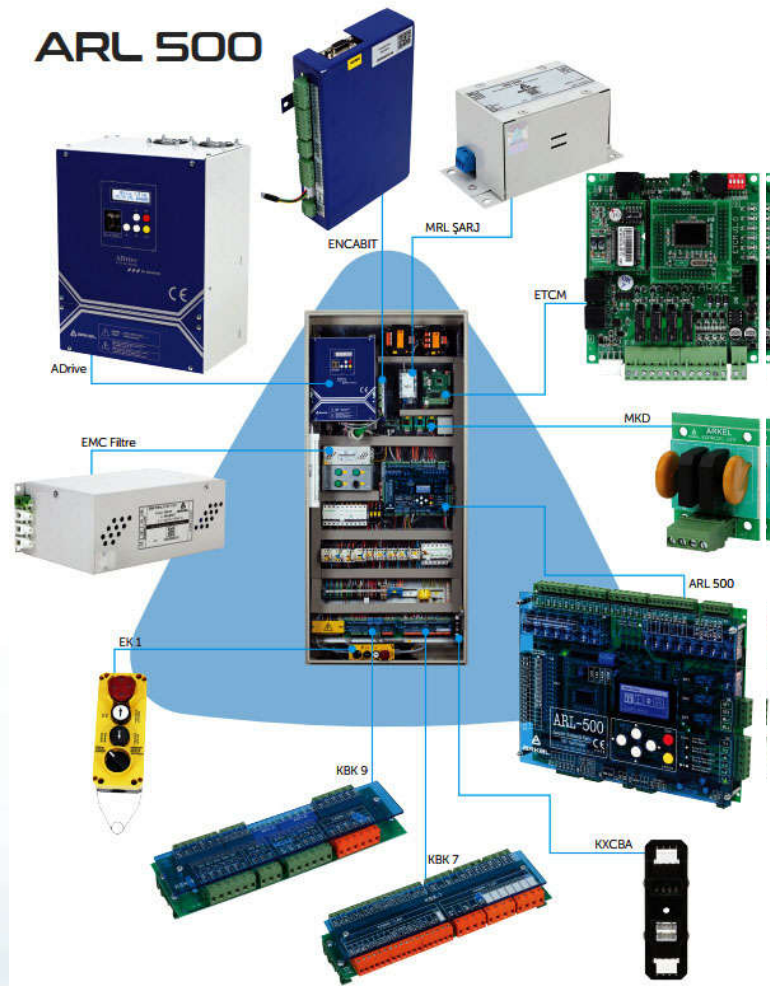


Рисунок 4.1 – Варіант роздільної реалізації у вигляді частотного перетворювача ADrive і окремого ліфтового контролера ARL-500

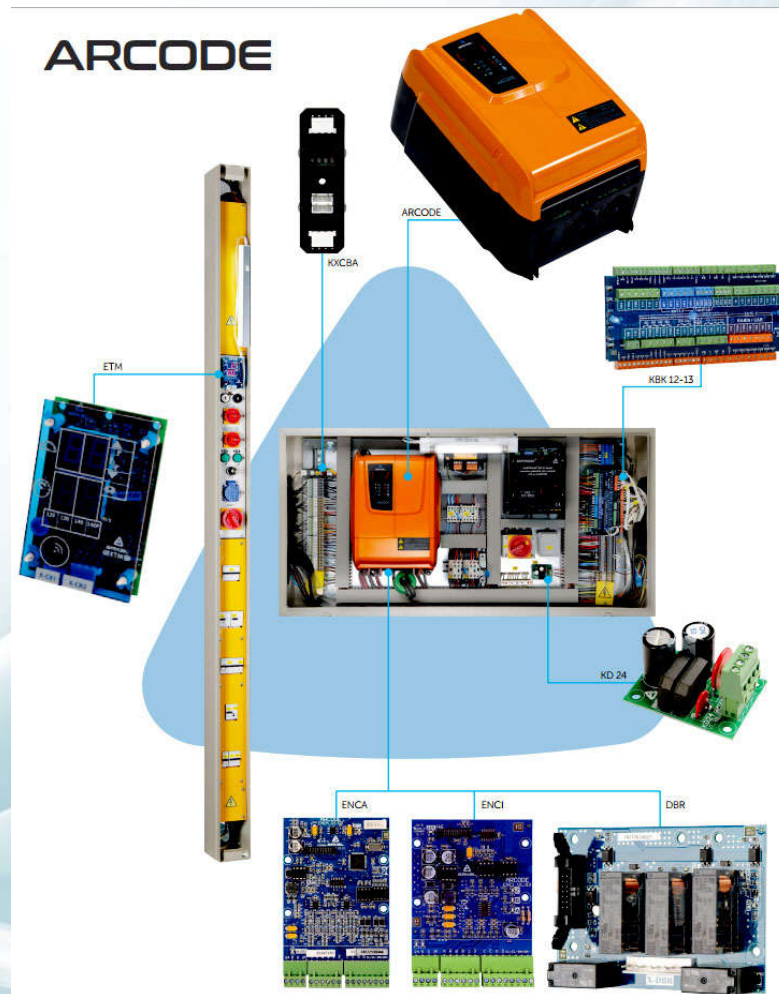


Рисунок 4.2 – Варіант інтегрованого частотного перетворювача ARCODE

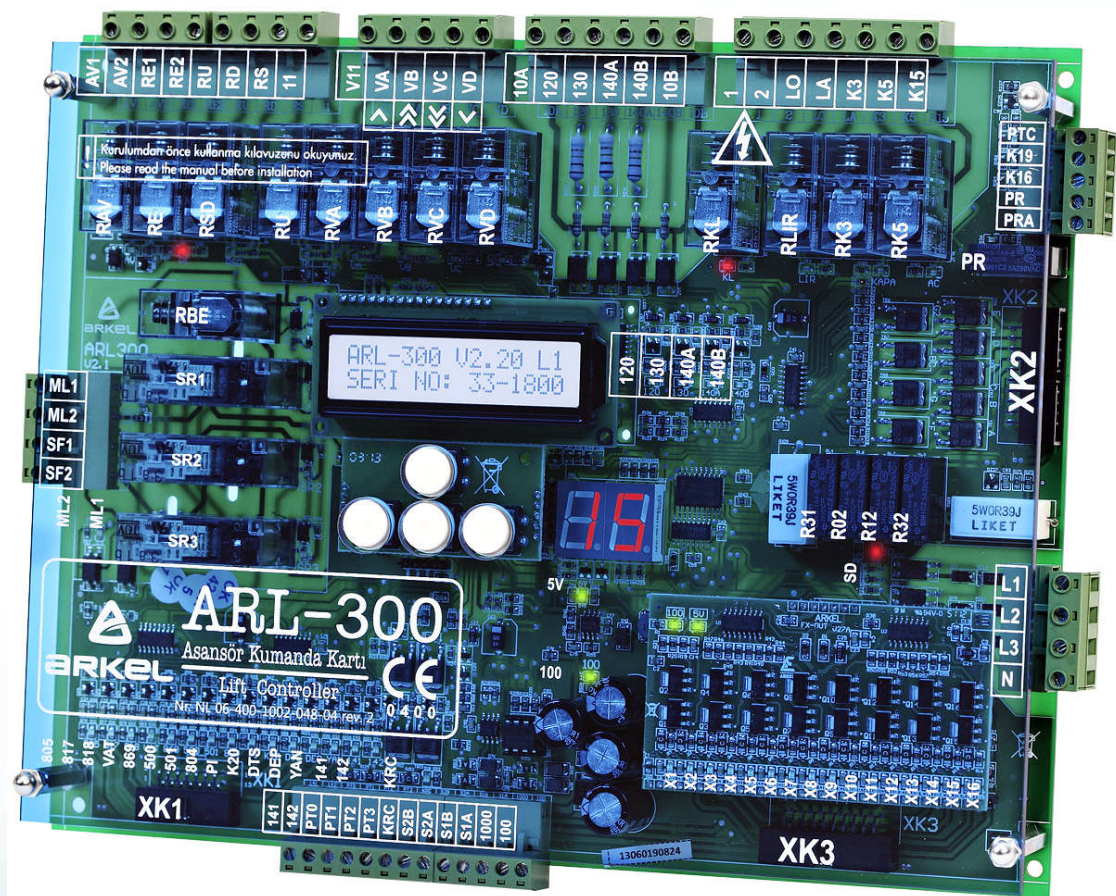
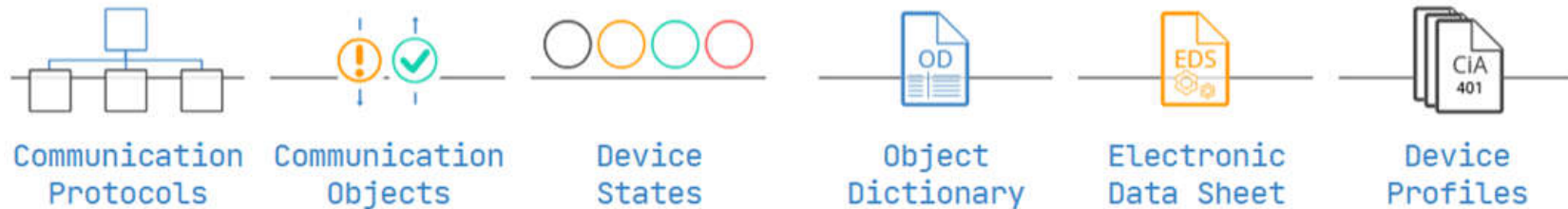


Рисунок 5.1 – Пристрій-прототип ARL-300



## ПРОТОКОЛ CANopen

6



### 7 layer OSI model

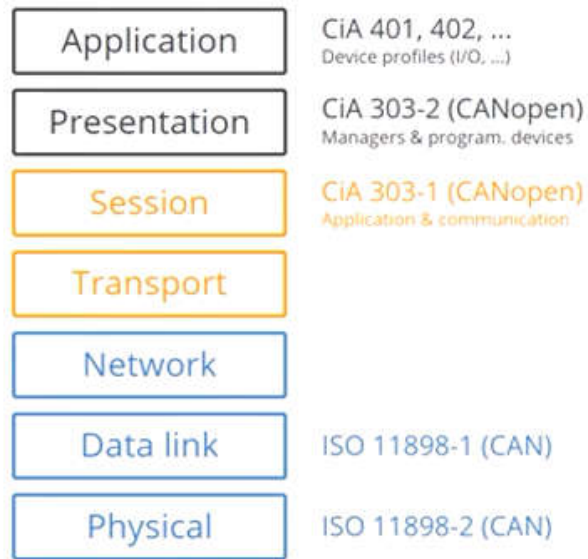


Рисунок 6.1 – Інтеграція протоколу CANopen в 7-рівневу модель OSI

- *протоколи зв'язку*: 3 протоколи для зв'язку вузлів: головний/підлеглий, клієнт/сервер та виробник/споживач;
- *об'єкти зв'язку*: використовуються, наприклад, для налаштування вузлів (SDO) або передачі даних у режимі реального часу (PDO);
- *стан пристрою*: пристрій підтримує різні стани. «Головний» вузол може змінювати стан «підлеглого» вузла, наприклад, скидати його налаштування;
- *словник об'єктів*: кожен пристрій має OD із записами, що визначають, наприклад, конфігурацію пристрою. Доступ до нього можна отримати через SDO;
- *електронний паспорт даних*: EDS – це стандартний формат файлу для записів OD, що дозволяє, наприклад, сервісним інструментам оновлювати пристрої;
- *профілі пристроїв*: стандарти описують, наприклад, модулі вводу/виводу (CiA 401) та керування рухом (CiA 402) для забезпечення незалежності від постачальника.

Рисунок 6.2 – Основні концепції протоколу CANopen



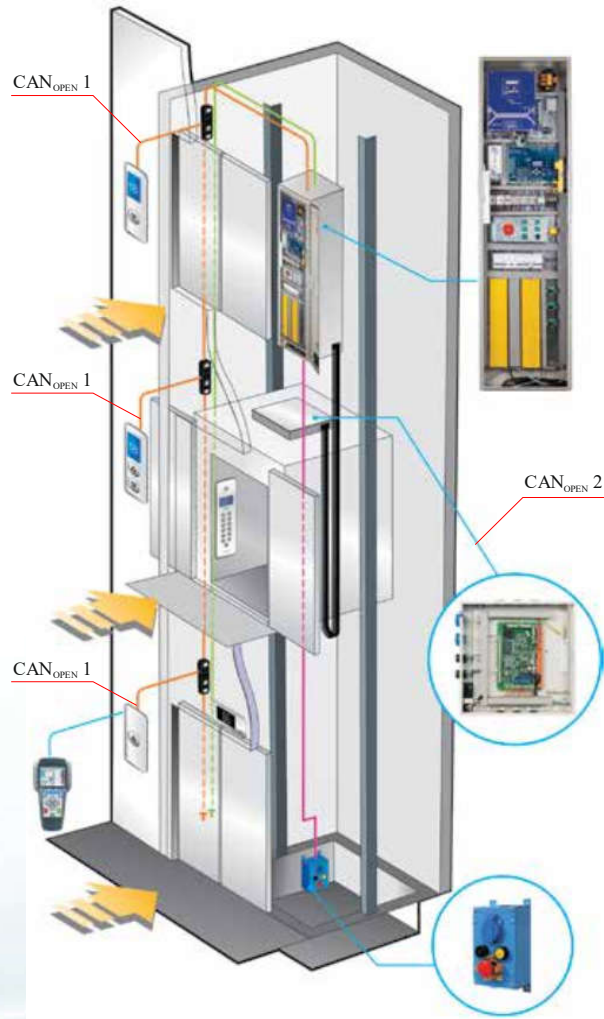


Рисунок 7.1 – Реалізація запропонованої концепції побудови каналів обміну інформацією у ліфтовій системі на основі протоколу CANopen

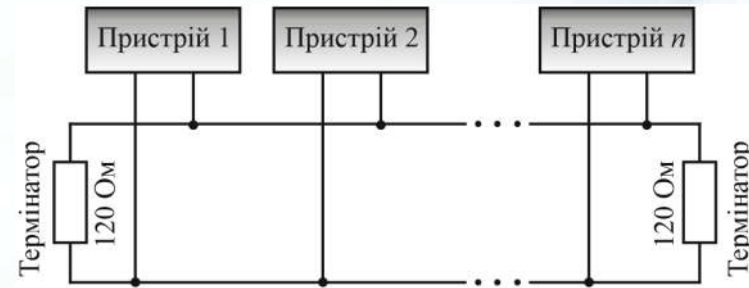


Рисунок 7.2 – Фізична організація мережі CANopen

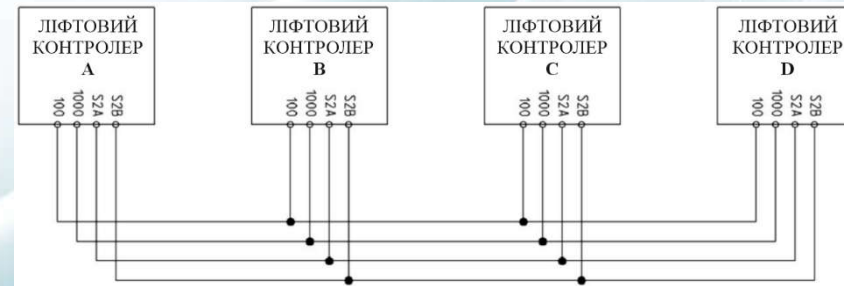
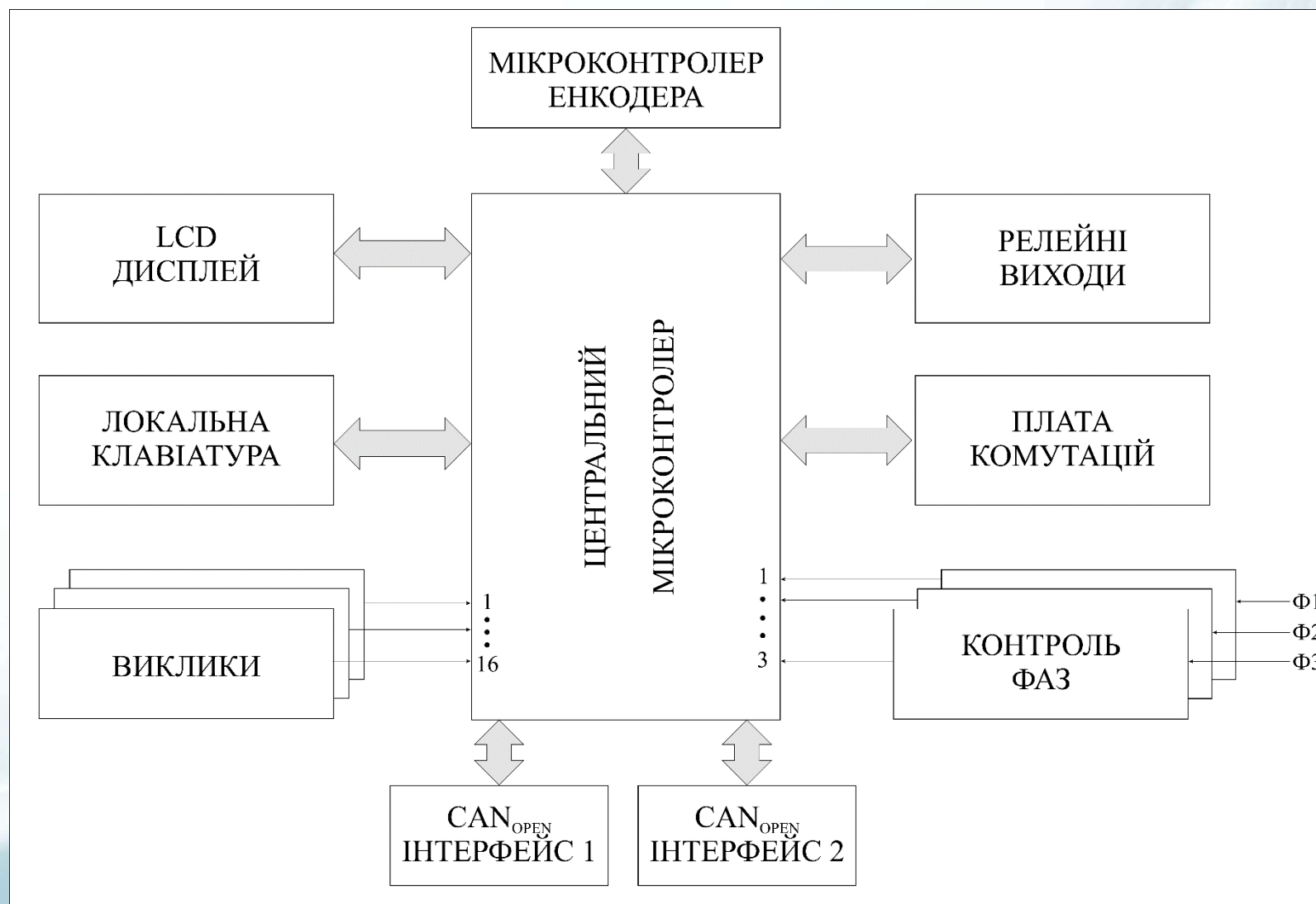


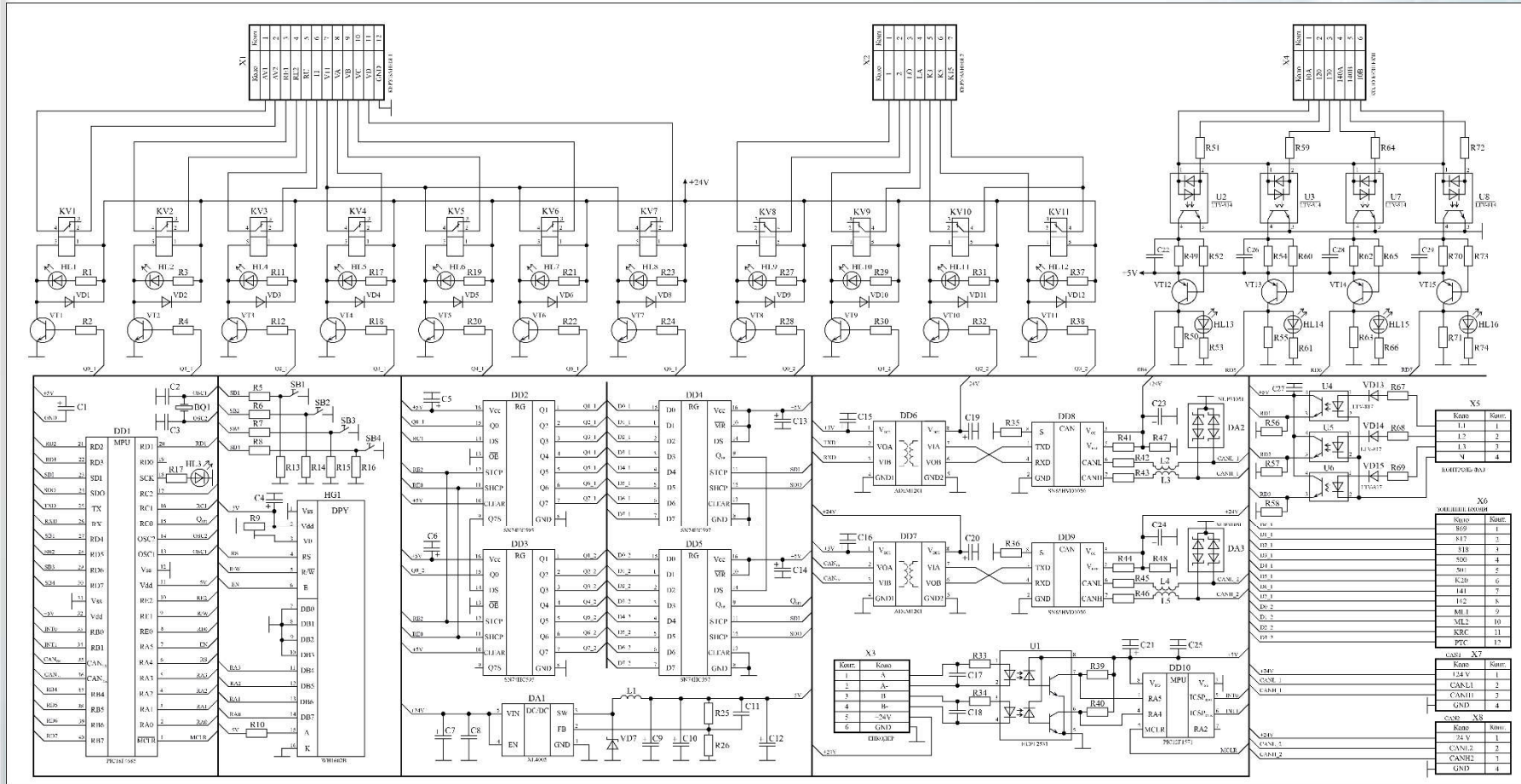
Рисунок 7.3 – Робота шини CANopen у груповому режимі



## СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА СТРУКТУРНА ЛІФТОВОГО КОНТРОЛЕРА



# СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА ЛІФТОВОГО КОНТРОЛЕРА



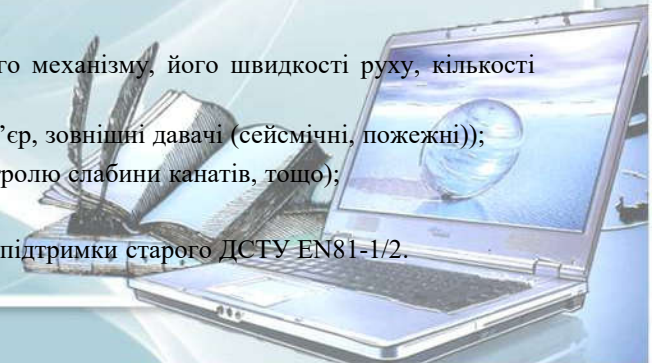
1. В кваліфікаційному проекті проаналізовано всю номенклатуру пристроїв ліфтової електроніки, наведено їх класифікаційну характеристику. Детально розглянуто окремі та інтегровані рішення реалізації ліфтових контролерів. Кожен вид має свої переваги та недоліки. Роздільні рішення простіші (так як кожна складова окремо значно простіша, ніж об'єднаний блок). Також вони забезпечують більшу гнучкість реалізації та підлаштування до потрібних задач (особливо у випадку модернізації старого фонду або виконанні специфічних замовлень). Крім того є можливість окремої заміни одного блоку без втручання в інший (при виході з ладу або зміні призначення). Інтегровані рішення компактніші, так як містять в одному корпусі відразу два пристрої. Однак вони дорожчі, складніші і у разі виходу з ладу або непрацездатності навіть незначної частини блоку, потрібно замінювати фактично всю систему. На основі проведено аналізу обрано пристрій-прототип ARL-300. Здійснено перелік його функціональних характеристик із зазначенням найважливіших та ключових елементів. Вибір здійснено на користь окремого ліфтового контролера.

2. Детально розглянуто концепцію протокола CANopen, який взятий за основу заної розробки. Це промисловий протокол, розроблений спеціально для ліфтових застосувань, покликаний покращити роботу периферійних з'єднань, забезпечити високу завадостійкість та безвідмовність роботи. Розроблено схему електричну структурну ліфтового контролера на базі промислового протоколу CANopen та розглянуто його всі основні складові. Приведена структурна схема являється новою та сучасною розробкою концепції керування підймальними механізмами, здатна конкурувати на ринку серед розглянутих аналогів. Особливість даного рішення і технічною новизною є розділення CANopen шини на дві окремих лінії, які мають різне функціональне призначення, забезпечуючи більшу швидкодію та мінімізацію помилок передачі даних.

3. Згідно технічного завдання, виданого кафедрою телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій, спроектовано схему електричну принципову ліфтового контролера. Розглянуто принцип дії та призначення всіх складових схеми. Пристрій має широку номенклатуру функціональних характеристик:

- керування силовими елементами (магнітними пускачами, реле, тощо);
- формування необхідного алгоритму роботи підймального механізму;
- вибір типу ліфта (електричний, гідравлічний);
- вибір типу дверей (автоматичні, напівавтоматичні, розпашні);
- вибір режиму роботи (нормальний, ревізія);
- узгодження часових інтервалів (таймінгів);
- автоматичне керування дверима;
- контроль фаз;
- контроль температури двигуна лебідки;
- контроль роботи магнітних пускачів;
- гнучкі налаштування під конкретні задачі (перелаштування забезпечує вибір типу підймального механізму, його швидкості руху, кількості зупинок, динаміки руху, пріоритетність викликів, роботу в групі і т. д.);
- забезпечення роботи з усіма периферійними пристроями (вантажозважувальний пристрій, фотобар'єр, зовнішні давачі (сейсмічні, пожежні));
- контроль кіл безпеки (кінцеві вимикачі, кола дверей шахти і купе kabіни, уловлювачі, система контролю слабину канатів, тощо);
- забезпечення роботи системи позиціонування.

Спроектований пристрій відповідність вимогам нового регламенту EN81-20, EN81-50 з можливістю підтримки старого ДСТУ EN81-1/2.



Завідувачу кафедри  
телекомунікацій, медійних та  
інтелектуальних технологій  
(ТМІТ) Сергію ПІДЧЕНКО  
здобувача вищої освіти студента  
4 курсу, гр. ТР2-21-1  
Борищука Владислава Ігоровича

## ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання спеціалізованих програмних засобів StrikePlagiarism AntiPlagiarism для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений.

Надаю університету право на передачу мого кваліфікаційного проекту для обробки та збереження в базах даних СПЗ і використання роботи для визначення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються СПЗ.

Також надаю свою згоду на обробку та збереження мого кваліфікаційного проекту “Ліфтовий контролер на базі промислового протоколу CANopen” в репозитарії Хмельницького національного університету.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія мого кваліфікаційного проекту збігається (ідентична) з друкованою.

1.06.2025 р.



Борищук В. І.

## Anti-Plagiarism v-15.258 (global version)

**The maximum coincidence with one document 4.0%**

**Dictionaries check: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Errors in the documents: 12%**

ID: 246326 Title: Ліфтовий контролер на базі промислового протоколу CANopen Added in a DB: 2025-06-16 Authors: Борншук Владислав Ігорович Heads: Стецюк Віктор Іванович Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	61667	877	3973 (6%)	31 (4%)

### Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

## Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

**Автор:** Владислав БОРИЩУК

**Співавтор:**

**Назва:** Ліфтовий контролер на базі промислового протоколу CANopen

**Експерт:** Віктор СТЕЦІЮК, к.т.н., доц.

**Підрозділ:** Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

**Коефіцієнт подібності 1:** 7.7%

**Коефіцієнт подібності 2:** 0.6%

**Мікропробіли:** 2

**Заміна букв:** 4

**Інтервали:** 0

**Білі знаки:** 0

**Дата створення звіту:** 2025-06-17 03:23:19.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

- Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.
- Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.
- Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

Дата 17.06.25

  
експерт 

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ  
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ, МЕДІЙНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Назва кваліфікаційного проєкту: Ліфтовий контролер на базі промислового протоколу CANopen  
Автор: Борищук Владислав Ігорович  
Освітня програма Телекомунікації, медійні технології та інтелектуальні мережі  
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)  
Спеціальність 172 "Телекомунікації та радіотехніка"  
Керівник кваліфікаційного проєкту: к. т. н., доцент Стецюк Віктор Іванович

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	Відповідає
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	–
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	–
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	–
2	Інші види порушень академічної доброчесності	–

Підтвердження:

Виявлені запозичення не являються академічним плагіатом, а являються загальноприйнятими термінами, визначеннями і технічними поняттями. Коефіцієнти подібності складають 7,7 % і 0,6%, а також мають посилання на приведений перелік літературних джерел.

“17” червня 2025 р.

Завідувач кафедри

  
Підпис

Сергій ПІДЧЕНКО

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Гарант освітньої програми

  
Підпис

Віктор Стецюк

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи

  
Підпис

Віктор Стецюк

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Борищук Владислав Ігорович на захист дипломного проєкту (роботи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 172 - Телекомунікації та радіотехніка

На тему: Ліфтовий контролер на базі промислового протоколу CANopen

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету



Тетяна Тоборщук  
(ім'я, прізвище)

### ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Борищук В. І. за період навчання на факультеті інформаційних технологій з 2021 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за: національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 8,70 %, задовільно 91,30 %; шкалою ЄКТС: А 2,33 %, В 2,33 %, С 6,98 %, D 11,63 %, E 76,74 %.

Методист факультету

Тетяна Тоборщук  
(підпис) Тетяна Тоборщук  
(ім'я, прізвище)

### ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Борищук Владислав Ігорович програму дипломного проєктування виконав в повному об'ємі. Всі розділи ДП присутні, виконані із дотриманням норм і правил оформлення конструкторської документації. Схеми виконані із дотриманням вимог ЄСКД.

Борищук В. І. до захисту ДП допускається

Заслужує на оцінку "відмінно" - 5.

Оцінка дипломного проєкту (роботи) Відмінно 5

Керівник дипломного проєкту

[Підпис]  
(підпис)

Стецюк В. І.  
(ім'я, прізвище)

" 16. " ЧЕРВНЯ 2025 р.

### ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Борищук В. І. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

ТНІТ

(назва)

" 17. " ОБ

2025 р.

(підпис, ім'я, прізвище)

## РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційний проект студента Лановейчика Сергія Олександровича

### “ПРИСТРОЇ ВИКЛИКУ НА ОСНОВІ МОДУЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗВ’ЯЗКУ ВЕЛИКОГО РАДІУСУ LORA™”

Пояснювальна записка складається з трьох основних розділів. В цілому проект містить 83 сторінок, 5 рисунків, 8 таблиць, 25 джерел посилань. Графічна частина складається із 2 плакатів, 2 креслень та 13 слайдів презентації.

Перевагами даного кваліфікаційного проекту є актуальність, широкий спектр застосування та забезпечення зв’язку на великі відстані при мінімальному енергоспоживанні. Дана розробка відноситься до енергоефективних та автономних, що відноситься до перспективних напрямків, підтримуваних державою. Технологія LoRa являється доволі молодого, але завдяки своїм перевагам, є ідеальним рішенням для поставлених задач.

До особливостей розробки слід віднести простоту у використанні, довготривалу автономну роботу, ефективну передачу сигналу на велику відстань та мінімальна залежність від інфраструктури. Розробка має реальний потенціал до практичного впровадження та подальшої комерціалізації – як рішення для медичних закладів, громад, приватного сектору або систем безпеки.

Загалом кваліфікаційний проект повністю відповідає вимогам до випускових кваліфікаційних робіт бакалаврів та заслуговує на оцінку "ВІДМІННО".

Рецензент:

к. т. н., доцент



Денис МАКАРИШКІН