

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
(повне найменування інституту)  
Кафедра обчислювальної техніки  
(повна назва кафедри)

**Пояснювальна записка**

до бакалаврського дипломного проекту на тему:

МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ  
ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ОБ'ЄКТУ НЕРУХОМОСТІ


08-23. БДП.004.00.000 ПЗ

Виконав: студент 4 курсу, групи КІ-20мс  
спеціальності

123 Комп'ютерна інженерія,

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

освітня програма «Комп'ютерна інженерія»

 Доберчак В. М.

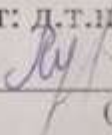
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ОТ

 Тарновський М.Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: д.т.н., проф. каф. ЗІ

 Лужецький В.А.

(прізвище та ініціали)

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри ОТ

д.т.н., проф. Азаров О. Д.

«17» 06 2022 р

Вінницький національний технічний університет  
Факультет Інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
Кафедра Обчислювальної техніки  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
Галузь знань 12 – Інформаційні технології  
Спеціальність 123 – «Комп'ютерна інженерія»  
Освітньо-професійна програма «Комп'ютерна інженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ ОТ \_\_\_\_\_

д.т.н., проф. Азаров О. Д.

“09” \_\_\_\_\_ 2022р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА БАКАЛАВРСЬКИЙ ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**  
Доберчаку Володимиру Миколайовичу

1 Тема проекту «Мікропроцесорна система для оптимізації енергоспоживання об'єкту нерухомості», керівник проекту к.т.н., доц. каф. ОТ Тарновський М. Г. затверджені наказом ВНТУ від 24 березня 2022 року № 66.

2 Термін подання студентом проекту: 17.06.2022

3 Вихідні дані до проекту: призначення — керування освітлювальними приладами та температурними режимами при опаленні, керування освітленням — вимикання освітлювальних приладів при відсутності людей, керування опаленням — підтримання різних температурних режимів у приміщенні відповідно до часу доби, тип системи — розподілена; принцип керування — комутація електричних кіл.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): обґрунтування доцільності розробки, аналіз сучасних засобів оптимізації енергоспоживання, аналіз можливих підходів до побудови

системи, розробка структурної схеми системи, вибір елементної бази, розробка функціональної схеми одного з основних модулів системи.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): структурна схема системи, структурні схеми основних функціональних модулів, функціональна схема кінцевого пристрою управління.

6 Консультанти розділів роботи приведені в таблиці 1.

Таблиця 1— Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	завдання прийняв
1-3	Тарновський М. Г, доцент кафедри ОТ	24.03.22 	16.06.22 

7 Дата видачі завдання «24» 03 2022 р.

8 Календарний план виконання БДП приведений в таблиці 2.

Таблиця 2 — Календарний план

№ з/п	Назва етапів бакалаврського дипломного проекту	Строк виконання етапів	Примітка
1	Формування та затвердження теми бакалаврського дипломного проекту (БДП)	24.03.22	виконано
2	Формування та видача завдання БДП	24.03.22	виконано
3	Виконання оглядової частини БДП. Перший рубіжний контроль виконання БДП	25.03.22 30.04.22	виконано
3	Виконання спеціальної частини БДП. Другий рубіжний контроль виконання БДП	1.05.22 16.05.22	виконано
5	Попередній захист БДР	17.05.22	виконано
6	Нормоконтроль БДР	16.06.22	виконано
7	Рецензування БДР	16.06.22	виконано
8	Захист БДР	17.06.22	виконано

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Доберчак В.М.

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Тарновський М. Г.

## Анотація

Доберчак В. М. Система для оптимізації енергоспоживання об'єкту нерухомості. Бакалаврський дипломний проєкт зі спеціальності 123 — Комп'ютерна Інженерія, Вінниця: ВНТУ, 2022.

Проаналізовано сучасні технічні рішення, що використовуються для оптимізації енергоспоживання громадських об'єктів, визначені принципи побудови системи для оптимізації енергоспоживання, розроблені структурні та функціональні схеми основних функціональних компонентів, з використанням яких може бути побудована розподілена система керування освітлювальними приладами та температурними режимами у приміщеннях громадського об'єкту нерухомості.

Ключові слова: енергозбереження, система енергозбереження, керування освітленням, керування опаленням.

## Abstract

Doberchak VM System for optimization of energy consumption of real estate. Bachelor's degree project in specialty 123 — Computer Engineering, Vinnytsia: VNTU, 2022.

The modern technical solutions used for optimization of energy consumption of public facilities are analyzed, the principles of building a system for optimizing energy consumption are determined, structural and functional schemes of main functional components are developed, with which a distributed control system of lighting fixtures and temperatures in public premises can be built. ' Real estate object.

Keywords: energy saving, energy saving system, lighting control, heating control.

## Зміст

Вступ.....	7
1 Обґрунтування доцільності розробки .....	9
1.1 Обґрунтування актуальності теми .....	9
1.2 Аналіз сучасних засобів оптимізації енергоспоживання .....	10
1.3 Вибір та обґрунтування аналогів.....	23
2 Розробка структурної схеми.....	31
2.1 Аналіз предметної області та визначення принципів функціонування системи для оптимізації енергоспоживання.....	31
2.2 Аналіз можливих підходів до побудови системи .....	33
2.3 Розробка структурної схеми системи для оптимізації енергоспоживання ...	40
2.3.1 Розробка структурної схеми проміжного контролера .....	40
2.3.2 Розробка структурної схеми кінцевого пристрою управління.....	44
3 Розробка функціональної схеми .....	47
3.1 Аналіз можливої реалізації структурних блоків та вибір елементної бази ..	47
3.2 Розробка схеми електричної функціональної .....	57
Висновки .....	62
Перелік джерел посилань .....	63
ДОДАТОК А. Технічне завдання .....	68
ДОДАТОК Б. Структурна схема системи .....	71
ДОДАТОК В. Структурна схема проміжного контролера .....	72
ДОДАТОК Г. Структурна схема кінцевого пристрою управління.....	73
ДОДАТОК Д. Функціональна схема кінцевого пристрою управління .....	74
ДОДАТОК Е. Лістинг основних модулів програми.....	75
ДОДАТОК Ж. Протокол перевірки роботи на наявність текстових запозичень .....	82

					<i>08-23.БДП.004.00.000.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Доберчак В.М.</i>			<i>Мікропроцесорна система для оптимізації енергоспоживання об'єкту нерухомості Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Гарновський М.Г.</i>					5	24
<i>Реценз.</i>		<i>Лужецький В.А.</i>				<i>ВНТУ, КІ-20мс</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Швець С. І.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Азаров О.Д.</i>						

## Вступ

Проблеми енергоефективності поряд із підвищенням екологічної безпеки та посиленням соціальної відповідальності стають актуальним у всіх сферах людської діяльності, починаючи від виробництва та закінчуючи побутом. У даний час енергозбереження стало одним із пріоритетних напрямків розвитку світової економіки. Ця проблема пов'язана, по-перше, з дефіцитом основних енергетичних ресурсів, запаси яких виснажуються і не поновлюються, по-друге, зі зростаючою вартістю їх видобутку, по-третє, з глобальними екологічними проблемами, що суттєво загострилися останнім часом [1].

В останнє двадцятиріччя енергетика забезпечила зростання добробуту у світі приблизно у рівних долях за рахунок збільшення виробництва енергоресурсів та покращення їх використання. У розвинених країнах світу заходи з енергозбереження дали від 60% до 65% економічного росту. У результаті енергоємність за цей час зменшилася у світі на 18% та в розвинених країнах - від 21% до 27%. На сьогодні безперечним фактом є те, що енергозбереження та підвищення ефективності використання паливних та енергоресурсів є пріоритетними напрямками економічної політики будь-якої країни. Причина цього явища проста: країна, яка використовує менше енергії для отримання тих самих результатів, що й інші держави, не тільки має більш стабільну економіку, а й зменшує забруднення своєї території різними відходами енерговиробництв [2].

Енергозбереження підтримується на державному рівні у більшості країн світу, в тому числі і в Україні, і розглядається як тривала та спланована програма дій, що відповідає національним інтересам будь-якої країни. На відміну від енергозбереження, яке, головним чином, спрямоване на зменшення споживання енергії, енергоефективність - це раціональне використання енергетичних ресурсів [2].

Основні напрямками, за допомогою яких можуть бути вирішені завдання енергозбереження та енергоефективності, є [2], [3]: використання відновлюваних джерел енергії та вторинних енергоресурсів, зменшення витрат

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергії, використання енергозберігаючих технологій. До останніх можна віднести різноманітні технічні засоби, які забезпечують раціональне використання енергії, наприклад, при освітленні та опаленні. Особливо гостро питання ефективного споживання електричної та теплової енергії стає у невиробничій сфері, де за рахунок інтелектуального управління освітленням та температурними режимами у приміщеннях можна досягти значної економії енергоресурсів.

**Метою бакалаврської роботи** є розширення функціональних можливостей технічних засобів, призначених для забезпечення енергоефективного споживання електричної та теплової енергії.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язані такі задачі:

- аналіз сучасних технологій в області енергоефективного освітлення та опалення;
- аналіз можливих підходів до побудови системи для оптимізації енергоспоживання об'єкту нерухомості;
- визначення структурної та функціональної побудови системи для оптимізації енергоспоживання об'єкту нерухомості з розширеними функціональними можливостями.

**Об'єктом дослідження** є процеси обробки та передачі даних мікропроцесорними засобами.

**Предметом дослідження** є методи та засоби керування освітленням та температурними режимами при опаленні.

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 1 Обґрунтування доцільності розробки

### 1.1 Обґрунтування актуальності теми

У сучасному світі виграють не ті країни, які володіють енергією, а ті, які можуть і вміють раціонально її використовувати та заощаджувати. Відповідно до цього енергозбереження має стати не просто пріоритетом економічного розвитку нашої держави, а й одним зі стратегічних завдань уряду.

Проблема енергоефективності та енергозбереження для України, яка характеризується загальним дефіцитом основних традиційних енергоресурсів, постійно зберігає свою актуальність. Щорічний обсяг втрат національної економіки від неефективного, порівняно з європейськими показниками, енергоспоживання оцінюється на рівні від 15 до 17 млрд дол. США. Єдиною альтернативою є стратегічне скорочення імпорту енергоносіїв за допомогою комплексної дієвої політики у сфері енергоефективності. Дослідження показують, що підвищення енергоефективності до середнього рівня ЄС знизить загальне споживання енергії на 45,8% [3].

Одним із зобов'язань, узятих Україною після підписання угоди про асоціацію з ЄС є відповідність високим європейським стандартам із енергоефективності та участь у енергетичному ринку. Виходячи з цього, пріоритетним напрямом державної енергетичної політики країни є підвищення енергоефективності та забезпечення енергозбереження [4], [5].

Однією зі сфер де сьогодні потрібно вирішувати проблеми ефективного енергоспоживання є об'єкти житлової та нежитлової інфраструктури. У сучасних будинках, оснащених складними інженерними системами, що споживають велику кількість теплової та електричної енергії, енергозбереження стало нагальною потребою. Енергоефективне та енергозберігаюче використання електричної та теплової енергії у цій сфері може бути забезпечене лише за рахунок комплексного використання енергозберігаючих технологій. Сюди можна віднести не лише більш ефективні засоби, що споживають електричну енергію і використовуються для освітлення та вироблення тепла, а й різні

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технічні рішення, які керують ними, забезпечуючи більш раціональне використання електричної енергії.

Так використання більш енергоефективних світлодіодних освітлювальних пристроїв дозволяє суттєво скоротити витрати електроенергії на освітлення. Ще більшого ефекту можна досягти, якщо забезпечити їх автоматичне вмикання лише на період перебування людини в освітлюваній зоні. Так само в опалюваний період комфортну для людини температуру у нежитлових приміщеннях доцільно підтримувати лише у робочий час і знижувати її у не робочий, що дозволить суттєво скоротити витрати на опалення. Відповідно до цього вдосконалення та розширення функціональних можливостей технічних засобів, які забезпечують енергоефективне керування освітленням та температурним режимом у приміщеннях є актуальним технічним завданням.

## 1.2 Аналіз сучасних засобів оптимізації енергоспоживання

Як було зазначено вище основними напрямками оптимізації енергоспоживання у громадській сфері є оптимізація споживання електричної енергії при освітленні та теплової енергії при опаленні. Управління освітленням є частиною завдання управління витратами електричної енергії. Сьогодні управління світлом не обмежується простим вмиканням світильника через вимикач на стіні. Замість простих вимикачів застосовуються більш інтелектуальні продукти, які дозволяють віддалено керувати групами джерел світла, інтенсивністю світіння, часом увімкнення та вимкнення, та безліччю інших функцій. Інтелектуальні системи освітлення контролюють не лише зовнішні природні фактори, але й визначають найбільш сприятливі режими та інтенсивність освітлення [5].

Управління освітленням може бути реалізоване у вигляді локальних та розподілених систем. Локальна система будується переважно на різних датчиках і таймерах, що підключаються безпосередньо до джерела світла або до кількох пристроїв, роботою яких необхідно керувати. Такі прилади не вимагають окремих каналів зв'язку, не інтегруються у загальну систему, самодостатні для

						Арк.
					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

самостійної роботи [6].

Розподілені системи мають ієрархічну структуру та складаються з різноманітних пристроїв, які функціонально зв'язані між собою різними каналами зв'язку. До складу таких систем можуть входити:

- блоки логіки, контролери, шлюзи, пристрої керування;
- датчики присутності, руху, освітленості;
- різні вимикачі;
- панелі керування, пульти, смартфони, планшети,.

Основною будь-якої системи управління освітленням є електронні апарати запуску ламп, які забезпечують можливість управляти формованим світловим потоком. При цьому управління може здійснюватися як в автоматичному режимі - від датчиків світу, руху, часу, так і в ручному.

Регулювання може бути аналоговим або цифровим. При аналоговому регулюванні команди керування, які надходять з пристроїв з ручним управлінням або з різних датчиків, подаються на входи регулювання апаратів запуску у вигляді постійної напруги від 1 В до 10 В, викликаючи вмикання світильника або зміну інтенсивності світлового потоку, що формується ним. Регулювання вручну зазвичай виконується за допомогою пультів дистанційного керування або за допомогою стаціонарних потенціометрів, вбудованих вимикачі, або розташованих на робочих місцях співробітників [7].

Аналогові системи управління освітленням будуються за класичною схемою автоматизації. Основою системи зазвичай є контролер, до якого з одного боку підключені різні датчики, з другого виконавчі механізми. Зв'язок між датчиками і контролером найчастіше аналоговий, такий самий зв'язок і між виконавчими пристроями та контролером.

Як датчики освітленості використовуються фоторезистори та фотодіоди. Такі датчики чутливі до загального рівня освітленості, який формується штучним і природним світлом. При підвищенні рівня природного освітлення датчики зменшують рівень потоку світла освітлювальних приладів або зовсім вимикають їх. Ця особливість забезпечує постійний рівень освітленості робочих

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

місце, який може змінюватися працівниками з використанням ручного регулювання.

Автоматичне вимикання освітлювальних приладів, коли в приміщенні на протязі певного періоду часу відсутні люди, забезпечується за допомогою датчиків руху і присутності. Такі датчики бувають активними (з променем, що переривається) і пасивними (чутливими до теплового випромінювання людей). Час доби, дні тижня і час року враховуються у відповідності з годинами реального часу, вбудованими в систему управління освітленням [7].

Контролери та дімери з аналоговим управлінням сьогодні є найбільш розповсюдженими пристроями управління світильниками. Вони широко використовуються у побуті, що обумовлене їх низькою ціною, а також простотою монтажу та управління [8].

Цифрове регулювання, на відміну від аналогового, крім управління рівним освітленням надає можливість програмувати режим освітлення, а також здійснювати адресне керування освітлювальними приладами. Цифрові дімери дозволяють не лише встановити потрібний рівень освітленості, а й запам'ятовувати останню установку. Найбільш поширені пристрої такого типу мають принаймні чотири можливі рівні регулювання, і можуть бути використані для управління освітленням коли потрібно створити різні рівні освітлення для різного часу [7], [8]. Цифрові системи дозволяють реалізувати управління освітленням в різних зонах за складним часовим графіком.

При цифровому регулюванні сигнали керування подаються у цифровому вигляді. Кодування цифрових сигналів може виконуватися різними методами. З цієї причини пристрої різних компаній можуть не взаємодіяти друг з другом. Для усунення цього недоліку в 1990-х роках найкрупніші європейські виробники засобів для запуску ламп (Osram, TridonicAtco, Philips, VosslohSchwabe) сформувавши загальний для усіх пристроїв метод кодування сигналів, який отримав назву DALI (у перекладі - цифровий адресний інтерфейс освітлення). З цього часу електронні пускорегулюванні пристрої, перетворювачі та більшість інших пристроїв виробників, що спеціалізуються на виготовленні обладнання

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

для управління світловим потоком джерел світла, є сумісними між собою [7].

Наприкінці 2009 р. стандарт DALI було розширено. Зокрема, з'явилася можливість управління світлодіодними інсталяціями. У плані інтеграції з іншими системами управління система DALI є досить простою і економічною. Система управління освітленням на основі інтерфейсу DALI може бути легко інтегрована в різні системи автоматизації управління будівлею, такі як LON, BACNet, KNX/EIB. Для такого об'єднання багато фірм випускають шлюзи KNX-DALI та LON-DALI. Цей союз дозволяє скоротити терміни на монтаж системи, зробити її загалом менш витратною, а також гнучкішою в управлінні. Стандарт протоколу та апаратні засоби DALI призначені лише для управління освітленням, що говорить про вузьку спеціалізацію даної системи. Тому в цілому система вийшла високоефективною та недорогою [9].

В даний час система DALI стандартизована згідно стандарту IEC 60929. Зв'язок між контролером DALI та окремими пристроями здійснюється по двопровідній лінії, яка є двонаправленою, що дозволяє передавати інформацію як від контролера до периферійних пристроїв, так і назад. Для передачі даних використовується постійна напруга екстра - низького значення 22,5 В. При цьому полярність підключення лінії до різних пристроїв не має значення, а сама лінія має захист від напруги освітлювальної мережі. Завадостійкість лінії така, що вона може розташовуватися в силовому кабелі і навіть використовувати вільні провідники цього кабелю. У стандарті DALI використовується шифрування із застосуванням коду Манчестер для корекції помилок. Гранична швидкість передачі становить 1200 бод [9], [10].

Система з урахуванням шини DALI є децентралізованою, тобто не передбачає використання єдиного головного модуля керування. Така організація дозволяє підключати до цієї мережі будь-які пристрої, призначені для роботи з шиною DALI. Такі пристрої зазвичай мають вбудовану енергонезалежну пам'ять, що дозволяє зберігати різну інформацію. Насамперед це адрес пристрою, інформація про пристрій і стан підключених до нього світильників, і цілі набори команд, які також називають сценаріями [9].

									Арк.
									13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Кожне повідомлення, яке отримує пристрій від контролера DALI, складається з двох частин - адреса та команди, наприклад, {Device\_0022, 25%}, що означає, що пристрій з адресом 0022 має увімкнути освітлення на 25% потужності. Можливе об'єднання пристроїв у групи, тоді команда може виглядати приблизно так: {Group\_0210, Script\_7}. Така команда повідомляє пристрої, що входять до групи Group\_0210, що слід виконати сценарій Script\_7.

У сценарії міститься деяка послідовність команд, наприклад, OFF, 10%, 50%, 100%, 50%, 10%. Відповідно до цього набору команд потрібно відключити вказану групу, а потім змінити потужність відповідно до зазначеного значення у відсотках. Під час регулювання потужності кількох груп світильників передбачена їх синхронізація. Команди, що передаються по лінії зв'язку, можуть бути індивідуальними для кожного пристрою, для групи пристроїв або для всіх пристроїв відразу (широкомовні).

Один пристрій управління DALI може відтворювати до 16 світлових сценаріїв та отримувати та зберігати інформацію про різні параметри системи: справність світильників, увімкнено або вимкнено світильник, заданий рівень освітленості.

Електронні баласты DALI автоматично знаходять пристрій керування, причому всередині баластів зберігаються різні установки. Насамперед це адресація пристроїв, світлові сценарії, розподіл за групами, швидкість зміни потужності, значення потужності аварійного освітлення. У разі вимкнення електроенергії DALI контролер запам'ятовує поточний стан, а при відновленні енергопостачання автоматично відновлює останній робочий стан. Тому збою у роботі системи не відбувається [9].

У складі системи DALI передбачено використання датчиків руху, присутності та освітленості, що розширює функціональність пристрою загалом. Завдяки цьому можливе програмування світлових сцен із урахуванням денного освітлення. Датчики руху програмуються на час спрацьовування до 30 хвилин. Програмування та керування пристроєм досить просто і здійснюється кнопками із замикаючим контактом [9].

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Протокол DALI побудований таким чином, що дозволяє адресувати безпосередньо 64 пристрої, підключені до однієї лінії управління. Якщо виникає необхідність у більшій кількості керованих пристроїв, використовуються DALI-роутери (маршрутизатори), які дозволяють збільшити ємність DALI-системи до 200 пристроїв. Якщо ж і такої кількості недостатньо, то для об'єднання DALI-роутерів використовуються DALI-шлюзи. При цьому кількість адрес зростає максимум до 12800 [9].

Ще одним стандартом, що широко використовується в системах управління освітленням, є стандарт DMX-512A. Цей стандарт був розроблений для цифрових мереж передачі даних, що використовуються для керування світлодіодними джерелами світла та іншими пристроями. Фізично в даному протоколі використовуються диференціальні сигнали EIA-485 і пакетна передача. Обмін можливий лише в одному напрямку та не передбачає перевірки та виправлення помилок [10].

Контролер DMX512 здійснює послідовну асинхронну передачу даних зі швидкістю 250 кБод. Передача даних 512 каналами займе близько 23 мс, що відповідає швидкості оновлення 44 Гц. Для більш частого оновлення пересилання здійснюється за меншою кількістю каналів.

Широке поширення протоколу DMX-512A пояснюється кількома причинами [10]:

- в його основі лежить інтерфейс EIA485;
- простота виконання;
- висока надійність;
- можливість керування декількома мережами світильників за трьома проводами;
- невисока вартість елементної бази;
- інтерфейс керування ізольований від світильника, тобто захищений;
- максимальна кількість пристроїв-512.

Стандарт EIA485 призначений лише для систем із послідовно увімкненими світильниками. У кожному сегменті може бути до 32 пристроїв,

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

загальна довжина лінії до 1 км. За допомогою спеціальних IC RS485 можна збільшити кількість пристроїв, що підключаються до одного порту. Так, при використанні IC ISO15 Texas Instruments в одному сегменті може бути до 128 пристроїв.

Деякі виробники драйверів світлодіодів заявляють, що до одного порту DMX може бути підключено будь-яку кількість драйверів. В офіційному стандарті це не підтверджується. У більшості таких драйверів на виході відновлюється сигнал DMX, який був отриманий на вході. При цьому накопичується часова затримка, яка стає помітною у великих інсталяціях. Крім того, при виникненні збою в одному драйвері, він буде повторений усіма наступними [10].

Головним недоліком протоколу DMX є одностороння передача від контролера до джерела світла. Відповідно до цього, неможливо проводити моніторинг стану світильників та відстеження збоїв. Цього недоліку позбавлений протокол RDM, який є модернізацією протоколу DMX512, що дозволяє отримувати дані від джерела світла за стандартними лініями DMX. У результаті отримано можливість конфігурування, моніторинг статусу, управління RDM-пристроями, зчитування основних показників (струм, що споживається, робоча температура, час роботи, напруга в мережі, індекс кольоропередачі та ін.), і все це, не заважаючи основній роботі стандартних DMX-пристроїв, які не підтримують RDM. Велика перевага RDM полягає в тому, що він сумісний з DMX, що дозволяє використовувати існуючу інфраструктуру [10].

Передача даних для пристроїв RDM здійснюється в проміжках між DMX пакетами. Пристрої RDM мають унікальний ідентифікаційний номер, за яким вони розпізнаються пристроєм управління.

Системи освітлення RDM мають такі переваги [10]:

- можливість встановлювати адрес світильника, що прискорює встановлення освітлювальних приладів та позбавляє необхідності надавати DMX-адреси вручну;

										Арк.
										16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						



- можливість створення DMX-систем з підтримкою Ethernet;
- керування окремими пристроями чи групою або одночасне керування всіма пристроями у мережі;
- передача статусних повідомлень (наприклад, про збій) від одного, декількох або всіх пристроїв мережі;
- автоматичне розпізнавання освітлювальних приладів;
- простий принцип утворення груп світильників.

Незважаючи на всі переваги, протокол не набув широкого поширення через деякі недоліки [10]:

- висока вартість електронних схем;
- нестача контролерів, здатних використовувати додаткову потужність RDM-пристроїв, як наслідок - висока ціна;
- невелика кількість світлодіодних драйверів, які підтримують RDM.

Перераховані недоліки вже усунуті, тому в перспективі цей стандарт може стати основним для систем освітлення.

Оскільки багато сучасних пристроїв обмінюються даними через Інтернет, ця технологія проникає й у системи висвітлення. Переваги використання протоколів TCP/IP:

- низька вартість інфраструктури;
- висока масштабованість - можливість з'єднання практично нескінченної кількості мереж;
- сумісність з мережними та інтернет-протоколами дозволяє керувати освітленням дистанційно;
- простота конфігурування;
- висока швидкість передачі;
- стійкість до появи помилок.

Недавно з'явився мережевий протокол ACN - architecture for control networks (E1.17) для управління освітлювальними системами по IP-мережі. Протокол є надбудовою UDP/IP. Зв'язок здійснюється за недорогими стандартними лініями Ethernet або Wi-Fi.

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Протокол ACN є повністю двоспрямованим. Кожен пристрій має унікальний ідентифікаційний номер, за яким контролер розпізнає підключені пристрої. Крім того, до кожного пристрою додається файл із описом усіх можливостей джерела світла. Таким чином, контролер зможе керувати світильниками, які з'являться у майбутньому. Для переходу з DMX512 на ACN розроблено проміжний протокол DMX-over-ACN (Streaming ACN, або BSR E1.31).

Ще більш універсальним є протокол KNX - протокол OSI для управління будівлею. Протокол заснований на трьох стандартах: EHS - European home systems, BatiBUS та EIB (Instabus) - European installation bus [10]. Стандарт EIB популярний насамперед за рахунок своєї простоти та надійності. На відміну від традиційної системи управління інженерним обладнанням, де для кожного функціонального елемента необхідна власна лінія управління, а для кожної інженерної системи окрема мережа, в системі EIB силова електропроводка прокладається тільки між виконавчими пристроями (реле, регуляторами і т.д.), проте системні елементи (датчики, контролери) вимагають об'єднання лише сигнальним кабелем (шиною управління). Завдяки цьому силова частина виконується без обхідних шляхів. Це зменшує витрати силового кабелю, кількість з'єднань, втрати і, як наслідок, підвищує надійність силового ланцюга, спрощує електромонтажні роботи.

Мережа EIB - це децентралізована система, яка не потребує центрального управління у вигляді персонального або спеціалізованого комп'ютера. При зміні функціонального призначення обладнання або перепланування приміщень забезпечується швидка адаптація системи EIB шляхом простого перепрограмування шинних приладів без прокладання нових ліній, а додатковий прилад чи датчик може бути встановлений у будь-якому місці, де є можливість підключення до кабелю керування. Порушення роботи одного чи кількох пристроїв не призводить до порушення роботи всієї системи. Цим забезпечується висока надійність та зручність експлуатації, оскільки заміна приладів провадиться без відключення живлення.

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система ЕІВ дозволяє здійснювати функції охорони об'єкта та активний режим економії електричної та теплової енергії. Передача даних може здійснюватися з використанням різних середовищ: витої пари (9600 біт/с), електромережі (1200 біт/с), радіоканалу (16,384 кбіт/с, 868 МГц, 25 мВт), лінії Ethernet.

Протокол KNX не прив'язаний до апаратної платформи. Визначено три категорії пристроїв:

- тип А - з автоматичним налаштуванням; це обладнання кінцевого користувача;
- тип Е - з легким налаштуванням; ці пристрої мають ряд параметрів, які потрібно встановити вручну відповідно до вимог користувача;
- тип S - системні пристрої; використовуються під час створення замовних систем управління будинком, їх встановлення та налаштування здійснюються спеціалістом.

Управління опаленням за порівнянням з управлінням освітленням має свої особливості, які проявляються в обмеженій кількості параметрів для управління. Це пов'язано з тим, що переважна більшість систем опалення в нашій країні є водяними, в яких як теплоносієм використовується вода. Опалюваним обладнанням є газовий, електричний або твердопаливний котел зі своєю внутрішньою схемою управління, основними завданнями якої у більшості випадків є підтримка встановленої температури теплоносія та блокування роботи при виникненні аварійних ситуацій. При цьому встановлення температури теплоносія здійснюється в ручному режимі. Єдиний можливий варіант зовнішнього управління полягає у комутації вихідного електричного кола котла, яке керує нагрівачем та водяним насосом.

Сьогодні для управління опалювальним обладнанням при індивідуальному опаленні застосовують кімнатні термостати релейного типу [11], [12]. У даний час існує безліч моделей кімнатних термостатів, але їх об'єднує один загальний принцип роботи - прилад вимірює температуру в житловому приміщенні і, залежно від навколишніх умов і заданого цільового значення температури,

										Арк.
										19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

управляє вмиканням і вимкненням нагрівального елемента котла. Однак інерційність теплової системи викликає великі затримки у реагуванні на команди кімнатного термостату. І часто температура в житловому приміщенні суттєво відрізняється від заданої (у бік підвищення або зниження).

Для того, щоб така система могла працювати в широких межах зовнішньої температури, температуру теплоносія встановлюють підвищеною. Знижена температура теплоносія може не дозволити прогріти приміщення до потрібної температури при суттєвому зниженні вуличної температури і опалювальне обладнання буде працювати у режимі постійного нагріву. Високе порогове значення температури теплоносія веде до підвищення витрат ресурсів на нагрівання в умовах, коли задану температуру у приміщенні можна було б досягти при більш низькій температурі теплоносія. Але ці зайві витрати дозволяють компенсувати "інтелектуальні" кімнатних термостатів. Сучасні програмовані моделі цих приладів надають можливість запрограмувати різні добові та тижневі режими роботи. Підтримка гнучкого графіка цільової температури дозволяє досягти значної економії.

Останнім часом на ринку з'явилися Інтернет-термостати, які дозволяють проводити віддалений моніторинг та встановлення температури. Обмін даними між користувачем та термостатом відбувається за допомогою GSM модуля через сервер виробника за допомогою мобільного інтернету. У таких пристроях функція термостата є основною, але не єдиною. Виробники у конкурентній боротьбі прикрочують інші корисні функції: підключення одного або кількох охоронних шлейфів, можливість керування додатковим обладнанням, підключення різних датчиків та алгоритми взаємодії з ними, вхід для мікрофона, вихід на динамік тощо [12].

Сьогодні найсучаснішими і технологічно досконалыми системами управління опаленням є прилади, що працюють під управлінням протоколу OpenTherm. Поява нових газових котлів із пальниками, здатними керувати модуляцією полум'я (регулювання потужності нагрівання), відкрило нові можливості в організації економічного та ефективного опалення. При занадто

									Арк.
									20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

великій потужності нагрівання відбувається часте вмикання та вимикання котла (тактування), а при малій - досягнення заданої температури унеможлиблюється. Відповідно до цього вважається, що найкращю. найкращою модуляцією полум'я вважається рівень горіння, при якому котел не вимикається, і досягнуто заданого значення температури. Іншими словами, управління модуляцією полум'я - це здатність автоматики котла, залежно від зовнішніх умов, оптимально змінювати інтенсивність горіння полум'я пального, не виключаючи його [11].

Оскільки кімнатний термостат не може керувати модуляцією полум'я, для роботи з новими пальниками було впроваджено протокол OpenTherm, який дозволив поєднати обладнання виробників котлів та виробників електроніки та автоматики. Протокол стандартно визначає всі основні команди, що надає можливість підключити до котла найрізноманітніше обладнання: від термостату до програмованих термоконтролерів, до яких може бути приєднана велика кількість термодатчиків. Сучасні термоконтролери являють собою програмовані прилади, які можуть обробляти показання термодатчиків, розташованих як у різних зонах опалювального об'єкта, так і на вулиці. Термоконтролер підтримує задане значення цільової температури і може змінювати його залежно від команд користувача, часу доби або дня тижня [11].

У великих системах, де систему поділяють на кількох споживачів, функція OpenTherm виявляється дуже корисною: логіка роботи обладнання котельні вибудовується таким чином, щоб кожен окремих споживач тепла надсилав запит тепла на котел разом із необхідною температурою теплоносія. Котел включається за завданням, виходить на задану температуру і підтримує її до моменту, коли завдання буде знято. Такий підхід забезпечує найбільш злагоджену роботу котла і продовжує термін служби, т.к. завдяки коректній роботі алгоритму модуляції пального кількість циклів включення-вимкнення зведено до мінімуму [12], [13].

У випадку твердопаливного котла за допомогою кімнатного термостата можна керувати лише електричним насосом в контурі опалення. Регулювання

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

температури твердопаливного котла здійснюється шляхом зміни подачі повітря на камеру згоряння. Існує два способи такого регулювання [12]:

- за допомогою заслінки та термостатичного регулятора тяги;
- з використанням вентилятора та контролера, що керує ним.

Перший варіант є дешевшим, а другий дає можливість досягти високої точності регулювання.

Можливості інтеграції із системою управління надає лише другий спосіб, який належить до активного регулювання подачі повітря. Суть цього способу полягає у прямому дозуванні кількості повітря, що потрапляє в камеру згоряння котла. Виконавчим механізмом у разі є вентилятор, який нагнітає повітря на камеру згоряння. Змінюючи оберти вентилятора, можна плавно і широкому діапазоні змінювати об'єм повітря, що потрапляє в камеру згоряння твердопаливного котла. Керує вентилятором контролер. Суть управління полягає у плавній зміні напруги живлення вентилятора, залежно від різниці між заданою температурою та поточною температурою у котлі [14].

У випадку централізованого опалення систему управління температурним режимом у приміщенні будують з використанням термоелектричних сервоприводів. За допомогою сервоприводу забезпечується регулювання кількості теплоносія, що проходить через кожний окремий радіатор або контур опалення, що дозволяє регулювати потужністю радіаторів опалення.

Робота термоелектричного сервоприводу заснована на перетворенні електричної енергії у теплову, а тепла енергія сервоприводу механічно впливає на його клапан. Основним елементом термоелектричного сервоприводу є стиснутий робочою пружиною сильфон з робочою речовиною, що розширюється при нагріванні. У контакті із сильфоном знаходиться електричний нагрівальний елемент. Сильфон з'єднаний зі штоком, поступальний рух якого передається золотнику регулюючого клапана, на якому встановлений привод. При подачі напруги живлення на привід нагрівальний елемент розігріває сильфон, в результаті чого той подовжується і переміщує свій шток і пов'язаний з ним золотник клапана, відкриваючи або закриваючи прохід регульованого

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

середовища через теплообмінний апарат [15].

Використання термоелектричних сервоприводів дозволяє організувати зональне управління температурою, тобто забезпечити різні теплові режими в різних приміщеннях будівлі не лише при централізованому, а й при індивідуальному опаленні. У цьому випадку контролер за допомогою датчиків температури контролює температуру повітря у різних зонах, і за результатами порівняння отримуваних даних про поточне значення температури із заданими забезпечує вмикання або вимикання сервоприводів.

### 1.3 Вибір та обґрунтування аналогів

Одним з аналогів розглядуваної системи є система управління освітленням LOYTEC побудована на програмованому контролері освітлення LDALI-PLC4. Контролер LDALI призначений для використання як пристрій управління у мережі DALI та може взаємодіяти з мультисенсорами та кнопками DALI-2 у режимі Multi-Master. LDALI- PLC4 має 4 незалежні канали DALI. До кожного каналу можуть бути підключені до 64 світильників з інтерфейсом DALI, які можуть керуватися індивідуально або як 16 груп. Усі світильники контролюються на наявність несправності лампи чи баласту. До кожного каналу DALI може бути підключено до 64 вхідних пристроїв DALI-2 таких як. кнопки, датчики присутності та освітленості [16].

Контролер LDALI-PLC4 забезпечує можливість одночасної інтеграції пристроїв із мереж CEA-709 (LonMark Системи), BACnet, KNX та Modbus. LonMark Системи можна інтегрувати через вбудований інтерфейс IP-852 (Ethernet/IP). Інтеграція BACnet можлива за BACnet/IP (Ethernet/IP) або BACnet MS/TP (RS-485), а KNXnet/IP та Modbus TCP за допомогою Ethernet/IP. Функціонал шлюзу дозволяє здійснювати обмін даними між різними технологіями автоматизації за умови можливості підключення.

Контролер має два Ethernet-порти, які можуть бути налаштовані або як внутрішній комутатор, для взаємодії портів, або як незалежні порти для роботи з

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

окремими IP мережами. Коли Ethernet порти налаштовані для роботи з двома незалежними IP мережами, один порт, наприклад, може бути підключений до WAN (Wide Area Network) з підтримкою мережевої безпеки (HTTPS), тоді як другий порт може бути налаштований для підключення до незахищеної мережі (LAN) з протоколами автоматизації BACnet/IP, LON/IP або Modbus TCP.

Основні функції LDALI- PLC4 [16]:

- підтримка до 64 баластів DALI та 16 груп DALI на канал DALI;
- підтримка до 64 пристроїв введення каналу;
- підтримка до 16 датчиків DALI на DALI;
- підтримка до 64 кнопкових модулів DALI на канал DALI;
- підтримка ручного керування за допомогою поворотного перемикача та локальний доступ до інформації про стан пристрою та точки даних у вигляді відкритого тексту та символів;
  - наявність графічного дисплею 128x64 з підсвічуванням;
  - вбудований веб-сервер для налаштування пристрою;
  - перевірка стану підключених пристроїв DALI через веб-інтерфейс;
  - підтримка керування стандартним навантаженням в електромережі через релейні модулі LDALI RM5/RM6/RM8;
  - підтримка пристроїв DALI-2 (драйверів та пристроїв введення);
  - підтримка передачі повідомлень електронною поштою про подію;
  - підтримка підключення до бездротових пристроїв EnOcean через інтерфейс LENO-80x;
  - підтримка WLAN через інтерфейс LWLAN-800;
  - підтримка LTE через інтерфейс LTE-800.

Основні технічні характеристики контролера освітлення LDALI- PLC4 наведені у таблиці 1.1.

До основних переваг контролера LDALI- PLC4 можна віднести велику кількість підтримуваних інтерфейсів, легкість та гнучкість налаштування на різні режими роботи. Основні недоліки: висока вартість, біля 120 тис. грн., функціональна спрямованість на управління лише освітленням, робота з тільки з

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



DALI сумісними пристроями, що вимагає великих фінансових вкладень на впровадження системи на його основі.

Таблиця 1.1 - Основні технічні характеристики контролера освітлення LDALI- PLC4 [16]

Параметр	Значення
Кількість каналів DALI	4
Максимальна кількість сегментів	32
Інтерейси	2 порти (100Base-T): OPC XML-DA, OPC UA, LonMark IP-852, BACnet/IP *, LIOB-IP, KNXnet/IP, Modbus TCP (Master или Slave), HTTP, FTP, SSH, HTTPS, VNC, SNMP 1 x RS-485 (ANSI TIA/EIA-485): BACnet MS/TP * або Modbus RTU/ASCII (Master або Slave) 2 порти USB-A: WLAN (потрібен LWLAN-800), EnOcean (потрібен LENO-80x) SMI (потрібен LSMI-804), LTE (потрібен LTE-800) * або BACnet/IP, або BACnet MS/TP
РК-дисплей	128 x 64
Інформація дисплея	години, хвилини, секунди, дата
Напруга живлення	від 85 В до 240 В AC, 50/ 60 Гц
Вбудоване джерело живлення шини DALI	16 В DC, 125 мА
Діапазон робочих температур	від 0° С до 40° С

Ще одним з аналогів є мультизональна система управління температури для комерційних будівель Uponor Smatrix Base PRO [17]. Система дозволяє автоматично підтримувати задану температуру у кожній зоні та допомагає

власникам чи орендарям скоротити витрати на енергію. За допомогою алгоритму самонавчання та функції автобалансування Smatrix PRO коригує температуру, коли умови змінюються. Автобалансування - функція, за допомогою якої система самостійно обраховує режимі реального часу фактичні потреби у теплі кожного приміщення і відповідно до цього регулює надходження теплоносія у відповідний контур опалення/охолодження.

Основні особливості системи Uponor Smatrix Base PRO:

- управління для широкого спектру застосувань до 192 кімнат;
- сенсорний інтерфейс для єдиної точки доступу та простого налаштування;
- інтеграція в різні системи керування будівлями через інтерфейс KNX;
- просте налаштування з віддаленої точки доступу.

Основним елементом управління в системі Uponor Smatrix Base PRO є контролер Uponor Smatrix Move PRO X-159. Контролер Uponor Smatrix Move PRO X-159 є багатофункціональним контролером інтелектуального управління температурою подачі для багатозонних систем опалення та охолодження. Може працювати у двох різних режимах залежно від налаштування на мікро-SD карті: опалення та охолодження або лише опалення. Підтримує можливість інтеграції до BMS (Building Management Systems - система управління будівлею, «розумний дім»).

Основні технічні характеристики контролера Uponor Smatrix Move PRO X-159 наведені у таблиці 1.2. Основними перевагами контролера Uponor Smatrix Move PRO X-159 є одна точка управління, можливість застосування для різних типів будівель, інтелектуальна технологія моніторингу та можливість дистанційного керування всіма компонентами системи через хмарний сервіс Uponor. До основних недоліків можна віднести доволі високу вартість, яка складає понад 40 тис. грн., обмеженість використання лише для керування температурними режимами, порівняна мала кількість каналів управління.

Найбільш близькою до розглядуваної системи є система GAMMA instabus [18] від компанії Siemens, яка є системою управління будівлею на базі

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

шини KNX. Система GAMMA забезпечує оптимальне та енергозберігаюче управління енергоресурсами приміщень за рахунок автоматичного управління та регулювання освітлення та мікроклімату у приміщенні. Функції керування здійснюються за допомогою інноваційних кімнатних модулів, що підходять до будь-якого інтер'єру. Регулювання здійснюється за допомогою датчиків прихованого монтажу Symaro™, що використовують технології точних вимірювань. Система GAMMA instabus дозволяє використовувати усі пристрої DELTA.

Таблиця 1.2 - Основні технічні характеристики контролера Uronor Smatrix Move PRO X-159 [17]

Параметр	Значення
Кількість каналів	8
Максимальна кількість сервоприводів	8
Максимальна кількість термостатів	4
Індикація	підключення термостата, температури, режимів роботи, конфігурацій підключених пристроїв, несправностей
Інтерфейс для інтеграції з в BMS (smart home)	MODBUS-RTU (RS-232)
Напруга живлення	230 В AC, 50/ 60 Гц
Діапазон робочих температур	від 0° C до 50° C

Система GAMMA instabus є децентралізованою системою з власними KNX-компонентами для гнучкого застосування, заснована на єдиній платформі - незалежно від місця встановлення та типу. Завдяки застосуванню стандарту комунікації KNX для керування будівлями, додаткові функції можна додавати швидко та легко - без необхідності прокладання нових ліній.

Елементом керування в системі GAMMA instabus є кімнатний контролер

Contouch, що містить кольоровий графічний сенсорний дисплей та поворотні регулятори, за допомогою яких можна налаштувати до 18 параметрів, індивідуальний регулятор кімнатної температури з індикацією заданого значення та налаштування режиму роботи, датчик температури та панель управління фанкойлом

Кімнатний контролер Contouch, спеціально розроблений для використання в приміщеннях, які обігріваються та/або охолоджуються, де спосіб регулювання кімнатної температури залежить від чотирьох режимів роботи приміщення (режим комфорту, режим попереднього комфорту, режим енергозбереження та захист режим). За потреби можна встановити параметр так, щоб контролер розглядав не всі чотири режими роботи, а лише три (режим комфорту, режим енергозбереження та режим захисту) або лише два (режим комфорту та режим захисту). Регулятор кімнатної температури може використовуватися як двоточковий регулятор (термостат) або безперервний контролер (P або PI-контролер).

Керування виконавчими елементами в системі GAMMA instabus здійснюється за допомогою релейних модулів серії 5WG1562. Модулі мають модульну конструкцію з можливістю розширення кількості каналів керування, що забезпечує гнучкий дизайн для кожного застосування та технічних вимог. Головний модуль може бути легко розширений, якщо необхідно, з потрійного до 6/9/12 або 15-канального і може коригуватися за кількістю і величиною навантажень, що перемикаються. Модульна конструкція гарантує гнучкий дизайн для кожного застосування та технічних вимог. Інтегроване визначення струму навантаження забезпечує широкий діапазон варіантів застосування.

Головний релейний модуль дозволяє здійснювати:

- пряме управління (місцеве управління);
- підтримувати одну з трьох можливих швидкостей вентилятора;
- керувати термоелектричними приводами;
- забезпечувати інтегроване 8-бітне керування сценами;
- підтримувати такі часові параметри керування як: затримка вимикання,

						08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			28

затримка вмикання, режим таймера (автоматичний сходовий вимикач), нічний режим (освітлення для прибирання), попередження про можливість вимкнення;

- автопідстроювання під характер навантаження;
- налаштовувати алгоритм роботи у випадку відновлення напруги живлення.

Основні технічні характеристики релейних модулів серії 5WG1562 наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Основні технічні характеристики релейних модулів серії 5WG1562 компанії Siemens [18]

Параметр	Значення
Кількість вихідних каналів комутації	3
Номінальна напруга/ струм комутації	230 В AC/16 А 24 В DC/10 А
Кількість вхідних каналів	8
Індикація	режим прямого керування вибраного пристрою стану кожного виходу
Напруга живлення	230 В AC, 50/ 60 Гц
Діапазон робочих температур	від 0° С до 50° С

Основним перевагами системи GAMMA instabus підтримка стандартного протоколу KNX, висока гнучкість, можливість налаштування автоматичного виконання різноманітних алгоритмів керування, ергономічний дизайн обладнання. До основних недоліків слід віднести вузьке функціональне призначення окремих компонентів системи, що збільшує витрати на її впровадження, та порівняно високу вартість обладнання, наприклад понад 15 тис.грн для кімнатного контролера та понад 8 тис. грн. для головного релейного модуля.

Проведений аналіз аналогів показав, що комплексне керування

										Арк.
										29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	08-23.БДП.004.00.000 ПЗ					

освітленням та температурним режимом при їх використанні може бути досягнене при застосуванні різних типів модулів. Це збільшує номенклатуру використовуюваного обладнання при впровадженні системи, що ускладнює її обслуговування та робить її менш гнучкою. При цьому можливі два варіанти реалізації системи: з централізованим та децентралізованим керуванням. Централізоване керування зменшує надійність системи та вимагає значних витрат на прокладання каналів зв'язку між головним модулем та кінцевим обладнанням, наприклад, контролером та світильниками.

При децентралізованому керуванні налаштування параметрів здійснюється в ручному режимі, що, з одного боку, надає можливість розподілено задавати комфортні температурні умови та умови освітлення в конкретному приміщенні, а з іншого - обмежує можливості більш ефективного контролю енергоспоживання у цілому.

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Розробка структурної схеми

### 2.1 Аналіз предметної області та визначення принципів функціонування системи для оптимізації енергоспоживання

Як витікає з результатів проведеного у першому розділі аналізу оптимізація енергоспоживання може бути досягнена через більш раціональне використання електричної та теплової енергії. Витрати на електроенергію можуть бути зменшені перш за все за рахунок зменшення «не цільового» використання освітлення, під яким будемо розуміти освітлення приміщення у той час, коли у ньому відсутні люди, або достатній рівень освітленості в приміщенні може бути забезпечений природнім освітленням. Енергоефективне використання теплової енергії при опаленні може бути забезпечене за рахунок керування тепловими режимами в приміщеннях в залежності від часу доби та днів тижня. При цьому можна враховувати специфіку приміщення з точки зору доцільності підтримки у ньому комфортної для людини температури.

На підставі зазначеного вище, для раціонального використання електричної енергії на освітлення розглядувана система повинна забезпечити його автоматичне вимикання тоді, коли у приміщенні не перебувають люди, або коли рівень природнього освітлення дозволяє не використовувати штучне. Наприклад, співробітники увімкнувши освітлення на початку робочого дня або при пахмурній погоді, часто не вимикають його, коли умови зовнішнього освітлення змінилися і воно стало достатнім для того, щоб не використовувати штучне.

Ще одним зі шляхів до раціонального використання електроенергії може стати керування роботою кондиціонера. Дуже часто співробітники не вважають за потрібне вимикати кондиціонер при провітрюванні приміщень. Відкриті у спеку вікна створюють умови, за яких кондиціонер працює в постійному режимі охолодження, що негативно впливає не лише на нього самого, а й веде до невиправданого у цьому випадку підвищеного енергоспоживання. Оскільки кондиціонер є функціонально завершеним пристроєм, керування його роботою

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

може бути здійснено лише в межах замикання/розмикання електричного кола, від якого він живиться.

Основним шляхом до раціонального використання теплової енергії на опалення є підтримка комфортної для людини температури у приміщенні лише тоді, коли у цьому є необхідність. Так, наприклад, у нежитлових приміщеннях значення температури, яке визначається ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату у виробничих приміщеннях» [19], може підтримуватися лише в межах робочого часу. Увесь інший час температура може бути знижена, що забезпечить менші витрати енергії теплоносія, а значить і енергії на його підігрівання.

Якщо контрольованим параметром є температура, то зазначені витрати можуть бути знижені і у робочий час, оскільки і самі співробітники, і, наприклад, працююче офісне обладнання також є джерелами теплової енергії. Крім того, навіть у зимовий період температура у приміщенні може збільшуватися за рахунок його нагрівання сонячними променями, що проникають у вікна.

Поряд із цим зменшення витрат на тепло можна досягти за рахунок підтримки різних температурних режимів у різних приміщеннях. Так в коридорах, вестибюлях, на сходах, у санітарних та складських приміщеннях не має необхідності підтримувати таку саму температуру, як в тих приміщеннях, в яких постійно перебувають люди.

Відповідно до зазначеного вище основними функціональними завданнями для розглядуваної системи буде забезпечення автоматичного вимикання освітлення при відсутності людей у приміщенні та при достатньому рівні зовнішньої освітленості, вмикання/вимикання кола живлення кондиціонера в залежності від стану вікон (відкрите/замкнене), керування подачею теплоносія у радіатори опалення в залежності від співвідношення між температурою у приміщенні та температурою, яка встановлена для даного часу доби та дня тижня.

Виходячи з цих завдань розроблювана система повинна включати засоби, які дозволяють виявляти присутність людей, контролювати рівень зовнішньої

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



освітленості, вимірювати температуру та забезпечувати комутацію електричних кіл. Крім того, повинен забезпечуватися відлік часу доби та днів тижня, підтримуватися можливість задавати часовий температурний режим у різних зонах у різні часові інтервали доби для різних днів тижня.

## 2.2 Аналіз можливих підходів до побудови системи

Виходячи з тих функціональних завдань, які повинні вирішуватися розглядуваною системою для оптимізації енергоспоживання, вона повинна мати розподілену архітектуру. Основу системи будуть складати пристрої, які забезпечать керування освітленням, кондиціонером та опаленням. У загальному випадку для кожної кімнати буде як мінімум три кола керування: коло, в яке увімкнені освітлювальні прилади, коло, в яке увімкнений кондиціонер, коло керування сервоприводами системи опалення. Вхідних кіл, до яких будуть підключатися датчики, буде як мінімум чотири: одне для підключення датчика руху, одне для підключення датчика освітлення, і ще по одному колу для підключення датчиків відкривання вікон та датчика температури.

Якщо приміщення має велику площу, кількість вхідних та кіл керування може бути більшою для отримання можливості більш гнучкого регулювання параметрами освітлення або опалення. Наприклад, у великих приміщеннях світильники, як правило, поділяються на групи, кожна з яких вмикається від свого вимикача. Якщо приміщення має одностороннє природнє освітлення, то рівень освітленості у найбільш віддаленій від вікон зони, може виявитися недостатнім при природньому освітленні, тоді як у ближніх до вікон зони він буде цілком прийнятним. Відповідно до цього замість одного кола керування світильниками може бути кілька.

З врахуванням зазначеної кількості вхідних кіл та кіл керування для одного приміщення, реалізація управління зазначеним вище обладнанням усіх приміщень навіть на одному поверсі від одного пристрою буде ускладненою. Це пов'язано не лише з потрібною у цьому випадку великою кількістю входів та виходів, а й значною протяжністю сигнальних ліній та ліній керування. Тому

						Арк.
					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для кожного приміщення повинен бути використаний окремий пристрій управління, який в межах розроблюваної системи будемо називати кінцевим пристроєм управління .

Функціонування кінцевих пристроїв управління можна реалізувати за двома варіантами: автономна робота та робота у режимі централізованого управління. При автономній роботі кожний кінцевих пристрій здійснює керування самостійно, відповідно до закладеного у нього алгоритму. У цьому випадку отримується найбільша надійність у роботі системи, оскільки немає загального для усіх центра керування, порушення працездатності якого або каналів зв'язку з ним, призведе до порушення працездатності всієї системи або якоїсь її частини. Проте при такому варіанті ускладнюється процес налаштування параметрів роботи. Наприклад, налаштування потрібного температурного режиму у приміщеннях потрібно буде здійснювати у кожному пристрої окремо. Для цього кожний пристрій потрібно буде обладнати клавіатурою та індикатором для організації інтерфейсу користувача.

При централізованому управлінні весь процес функціонування системи буде відбуватися під управлінням якогось головного модуля - сервера. Для підвищення надійності кожен кінцевий пристрій керування може бути наділений можливістю самостійної роботи, відповідно до налаштувань, що здійснюються з сервера. При такому підході суттєво спрощується налаштування параметрів керування. Конструкція самих кінцевих пристроїв управління у цьому випадку буде простішою, а вартість меншою за рахунок відсутності необхідності використання в них елементів інтерфейсу для налаштування. Крім того, централізоване керування дозволить проводити моніторинг роботи системи, оперативно виявляти помилки та збої, вести журнал подій.

З врахуванням викладеного вище розроблювану систему будемо будувати відповідно до другого варіанту, коли кінцеві пристрої управління працюють автономно, але налаштування параметрів керування в них та контроль за їх роботою здійснюється з сервера. На користь такого рішення говорить і той факт, що вірний відлік часу для підтримання різних температурних режимів в

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

залежності від часу доби простіше забезпечити у централізованій системі.

Взаємодія між сервером та кінцевими пристроями управління можна реалізована з використанням дротових або бездротових технологій. Дротовий зв'язок реалізується з використанням електричних або оптичних каналів зв'язку - коаксіального кабелю, витої пари або оптичного кабелю. Перевагами дротового зв'язку є стабільність роботи та надійність зв'язку, висока швидкість та захищеність. Основним недоліком є необхідність прокладки кабелю та пов'язані з цим додаткові витрати [19], [20].

Бездротові технології засновані на використанні радіохвиль або інфрачервоного випромінювання для передачі даних. Головною перевагою бездротових технологій над дротовими є відсутність «прив'язки» обладнання до місця розташування. Це сприяє максимальній зручності використання, простоті та низькій вартості інсталяції. До основних недоліків бездротового зв'язку можна віднести менші, ніж при дротовому швидкості обміну даними, погану захищеність та порівняно низьку надійність [19], [20].

Сьогодні серед дротових технологій зв'язку найпоширенішою є технологія Ethernet, яка широко використовується в локальних комп'ютерних мережах. Дана технологія описується стандартами IEEE 802.3, які визначають реалізацію двох перших рівнів моделі OSI - провідні з'єднання та електричні сигнали (фізичний рівень), а також формати блоків даних та протоколи управління доступом до мережі (канальний рівень). Стандарт визначає множинний доступ до моноканалу типу «шина» з виявленням конфліктів і контролем передачі, тобто з методом доступу CSMA/CD. Відповідно до цього Ethernet використовує концепцію загального ефіру. Кожен пристрій мережі надсилає дані у цей ефір та вказує, кому вони адресовані. Дані приймаються усіма пристроями мережі, але обробляє їх тільки той, якому вони призначені. Інші засоби ці дані ігнорують. Для передачі сигналів використовується манчестерське кодування, а для синхронізації - надлишковий код 4B/5B, який дозволяє уникнути передачі довгих нульових і одиничних послідовностей [21].

У класичній мережі Ethernet застосовується 50-омний коаксіальний кабель.

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Останнім часом найбільше поширення набула версія Ethernet, що використовує як середовище передачі виту пару. Визначено також стандарт для застосування в мережі оптоволоконного кабелю. У 1995 році з'явився стандарт на швидшу версію Ethernet, що працює на швидкості 100 Мбіт/с (так званий Fast Ethernet, стандарт IEEE 802.3u), що використовує як середовище передачі виту пару або оптоволоконний кабель. З'явилася версія на швидкість 1000 Мбіт/с (Gigabit Ethernet, стандарт IEEE 802.3z) [21], [22].

Крім стандартної топології "шина" застосовуються також топології типу "пасивна зірка" та "пасивне дерево". При цьому передбачається використання репітерів та пасивних (репітерних) концентраторів, що з'єднують між собою різні частини (сегменти) мережі. Як сегмент може також виступати одиничний абонент. Коаксіальний кабель використовується для шинних сегментів, а вита пара та оптоволоконний кабель - для променів пасивної зірки (для приєднання до концентратора одиночних комп'ютерів). Головне - щоб в отриманій топології був замкнений шлях (петель). Фактично виходить, що абоненти з'єднані у фізичну шину, оскільки сигнал від кожного з них поширюється відразу у всі боки і не повертається назад (як у кільці). Максимальна довжина кабелю всієї мережі загалом (максимальний шлях сигналу) теоретично може досягати 6,5 км, але не перевищує 2,5 км [22].

Мережі з топологією «зірка», які найбільш поширені на сьогодні, використовують концентратори (hub). Використання такого підходу дає можливість створювати мережі і з багаторівневою деревоподібною топологією, причому до кожного концентратора можуть підключатися як станції, так і інші концентратори. Мережі такої топології характеризуються значно більшою живучістю, оскільки відключення сегмента з будь-яких причин не позначається на роботі інших сегментів. Крім того, така конфігурація мережі дозволяє достатньо просто організувати контроль за станом мережі і знизити, таким чином, кількість конфліктів та достатньо легко виявити як несправний сегмент, так і станцію, яка є джерелом перевантаження мережі [21].

Безперечними перевагами мережі Ethernet є її простота, невелика вартість,

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

можливість масштабування.

Ще однією з широко використовуваних на сьогоднішній мереж є мережа, побудована на основі інтерфейсу RS-485. Інтерфейс RS-485 є широко розповсюдженим високошвидкісним і стійким до перешкод інтерфейсом промислової автоматизації. Практично усі сучасні цифрові засоби промислового призначення, більшість інтелектуальних датчиків та виконавчих пристроїв, програмовані логічні контролери містять у своєму складі ту чи іншу реалізацію інтерфейсу RS-485. Така популярність пов'язана з можливістю організації двостороннього обміну даними всього по одній витій парі проводів, він забезпечує більшу довжину лінії зв'язку та високу швидкість передачі [23].

Інтерфейс RS-485 (інша назва EIA/TIA-485) - це один із найпоширеніших стандартів фізичного рівня для асинхронного послідовного інтерфейсу (1 рівень моделі взаємозв'язку відкритих систем OSI). Мережа, побудована на інтерфейсі RS-485, утворюється прийом передавачами, з'єднаними за допомогою витой пари. В основі інтерфейсу RS-485 є принцип диференціальної (балансної) передачі даних. Суть його полягає у передачі одного сигналу по двох дротах. Причому по одному дроту (умовно А) йде оригінальний сигнал, а по іншому (умовно В) - його інверсна копія, тобто коли на одному дроті "1", то на іншому "0" і навпаки. Таким чином, між двома проводами витой пари завжди є різниця потенціалів: при "1" вона позитивна, при "0" - негативна. Саме цією різницею потенціалів і передається сигнал. Такий спосіб передачі забезпечує високу стійкість до синфазної перешкоди - перешкоди, яка діє одночасно на обидва дроти лінії. Оскільки два дроти пролягають близько один до одного і перевиті, синфазна перешкода діє на обидва дроти однаково. Потенціал в обох дротах змінюється однаково, а тому різниця потенціалів залишається не змінною [23].

Інтерфейс RS-485 за своєю організацією є напівдуплексним інтерфейсом. Прийом та передача даних відбувається по одній парі проводів з поділом у часі: в одні часові інтервали відбувається прийом, в інші - передача. Оскільки RS485 визначає лише рівні напруги на лінії, виробники конкретного обладнання самі розробляють протоколи обміну даними.

									Арк.
									37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Через те інтерфейс RS-485 є двонаправленим, усі пристрої можуть і приймати та передавати інформацію по одній і тій же парі проводів, тому мають бути суворі правила - коли один передає, решта обов'язково слухають. Найпоширенішим рішенням в рамках такого підходу є система майстер-слейв, суть якої полягає в тому, що в системі є один головний пристрій - майстер, який забезпечує керування обміном даними. Усі слейви (пасивні, ведені) знаходяться у режимі прийому інформації (прослуховування каналу зв'язку), і переходять у режим передавання даних лише, при надходженні відповідного запиту від майстера. Протокол RS-485 підтримує багатоточкові з'єднання, забезпечуючи створення мереж з кількістю вузлів до 32 та передачу на відстань до 1200 м [24].

Серед найпопулярніших сьогодні бездротових технологій обміну даними є Wi-Fi, Bluetooth та ZigBee, обмін даними в яких здійснюється з використанням радіохвиль частотою 2,4 ГГц. Найбільш поширеною технологією бездротового зв'язку є технологія Wi-Fi. Фактично вона є заміною дротового інтерфейсу Ethernet, тому Wi-Fi знаходить широкого поширення завдяки великого різноманіття доступного відповідного обладнання, досить широким можливостям застосування та відносно низькій вартості обладнання [25].

Спочатку технологія Wi-Fi використовувалася для реалізації бездротового з'єднання у безпосередній близькості від точок доступу (Hot Spot) та забезпечувала доволі високу швидкість передачі даних між портативним комп'ютером і обладнанням точки доступу. Сьогодні технологія Wi-Fi об'єднує сімейство протоколів бездротової передачі даних IEEE 802.11x (802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n і т.д.), який є складовою частиною стандартів локальних мереж і охоплює фізичний і канальний рівні семирівневої моделі OSI (Open System Interconnection). Фізичний рівень IEEE 802.11x - це радіоканал. Канальний рівень забезпечує управління доступом до середовища передачі та пересилку кадрів між будь-якими двома пристроями. Канальний рівень складається з двох підрівнів: MAC - управління доступом до середовища передачі даних і LCC - управління логічним каналом. Як і в стандарті Ethernet підрівень MAC - це метод множинного доступу з контролем несучої і попередженням колізій

						Арк.
					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

CSMA/CA [26].

Технологія Bluetooth спрямована на передачу даних через радіоканал на відстані до 10 м. Стандарт Bluetooth був створений як універсальний, надійний і дешевий радіоінтерфейс бездротового підключення, а тому є компромісним з точки зору співвідношення параметрів економічність / дальність / швидкість. Поява стандарту 4.0 Bluetooth Smart або Bluetooth Low Energy обумовила у порівнянні з попередніми версіями суттєве скорочення енергоспоживання. Тому технологія Bluetooth стала набагато привабливішою для розробників переносної електроніки. Проте для побудови бездротової системи, яка буде охоплювати кілька кімнат або навіть будівель, ця технологія не підійде, оскільки вона, так само як і Wi-Fi, передбачає побудову мережі за топологією «зірка» [27].

Технологія ZigBee орієнтована на створення надійних розподілених мереж керуючих пристроїв і датчиків з невисокими швидкостями передачі даних. В ній реалізована підтримка мережевої топології «mesh», сплячих і мобільних вузлів, а також вузлів, які забезпечують роботу алгоритмів ретрансляції і самовідновлення. Максимальна пропускну здатність мережі 250 кбіт/с. Корисна швидкість досягає близько від 30 кбіт/с до 40 кбіт/с в межах сусідніх вузлів і від 5 кбіт/с до 25 кбіт/с при використанні ретрансляції.

Технологія Zigbee дозволяє використовувати розподілену (комірчасту) мережу, що, на відміну від Wi-Fi або Bluetooth Low Energy, дозволяє з'єднуватися пристроям на великих відстанях. Крім того, комірчаста мережа Zigbee характеризується набагато більшою надійністю. У мережах Bluetooth і Wi-Fi обмін даними у мережі відбувається через центральний шлюз. При виході його з ладу, мережева взаємодія стане неможливою. Крім того окремі сегменти або пристрої в мережі можуть стати не доступними для взаємодії, якщо на шляху проходження радіосигналу виникне перешкода [27].

Надійність зв'язку у мережах ZigBee підвищується за рахунок наявності між пристроями надлишкових зв'язків. Усі пристрої у мережі виконують роль роутерів, тобто можуть забезпечувати ретрансляцію пакетів, маршрутизацію мережевого трафіку та вибір оптимального маршруту їх слідування. Завдяки

									Арк.
									39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

цьому при виході з ладу пристрою, яке виконує функції організатора мережі, мережа ZigBee продовжить своє функціонування. Так само, за рахунок наявності надлишкових зв'язків виникнення перешкоди не є критичним [28].

Незважаючи на зростання популярності і пов'язану з цим усе більш широке використання бездротових мереж, найбільш надійний та стійкий зв'язок, особливо в жорстких умовах експлуатації, забезпечують дротові технології. З іншого боку бездротові технології дозволяють суттєво скоротити витрати на розгортання системи за рахунок відсутності необхідності прокладання кабелів. З врахуванням того, що сьогодні будь-яка організація чи установа має комп'ютерну мережу для організації взаємодії сервера з кінцевими пристроями управління у розглядуваній системі доцільно використати технологію Ethernet або Wi-Fi. Проте це призведе до ускладнення кінцевих пристроїв управління, що збільшить їх вартість. Поряд із цим зросте кількість компонентів мережі, що може призвести до збільшення навантаження на неї і, як наслідок, зниження її пропускну здатності та підвищення збоїв у її роботі.

Виходячи з цього вибираємо альтернативний варіант, при якому зв'язок між основним комп'ютерним сервером та кінцевими пристроями управління буде здійснюватися через проміжні контролери. Для організації взаємодії між основним сервером та проміжними контролерами будемо використовувати підключення через Ethernet або Wi-Fi. Підключення кінцевих пристроїв управління до проміжних контролерів будемо здійснювати через інтерфейс RS-485.

### 2.3 Розробка структурної схеми системи для оптимізації енергоспоживання

Відповідно до результатів аналізу, що був проведений у попередньому підрозділі, розроблювану систему для оптимізації енергоспоживання будемо будувати за деревоподібною структурою (додаток Б). В її основі лежить комп'ютерний сервер. Програмне забезпечення сервера здійснює моніторинг роботи системи, контролює працездатність її компонентів, веде журнал

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



реєстрації подій, дозволяє змінювати налаштування параметрів, за якими здійснюється управління освітленням та опаленням.

Наступними за ієрархією компонентами системи є проміжні контролери. Взаємодія між комп'ютерним сервером та проміжними контролерами організовується або за допомогою дротового підключення через виту пару відповідно до стандарту Ethernet, або бездротового підключення Wi-Fi. При обох варіантах обмін даними здійснюється відповідно до протоколу TCP/IP.

Мережа, що об'єднує комп'ютерний сервер та проміжні контролери, має архітектуру клієнт-сервер. Оскільки комп'ютерний сервер повинен мати змогу надіслати запит на передачу або отримання даних з проміжних контролерів у будь-який момент часу, в даній мережі він виступає в ролі клієнта, проміжні контролери виконують роль серверів.

Проміжних контролери виступають як проміжна ланка між комп'ютерним сервером та кінцевими пристроями управління, які у даній системі утворюють останню, третю ланку. Відповідно до специфікації інтерфейсу RS-485 до одного проміжного контролера може бути підключено до 32 (при використанні спеціальних драйверів до 128) пристроїв управління. Підключення здійснюється з використанням вити пари.

Для обміну даними між проміжним контролером та підключеними до нього кінцевими пристроями управління будемо використовувати протокол Modbus. Однією з переваг Modbus є відсутність необхідності у спеціальних інтерфейсних контролерах, простота програмної реалізації, елегантність принципів функціонування та його відкритість.

Протокол Modbus використовує архітектуру Master-Slave і передбачає об'єднання у мережу одного Master-пристрою (контролера) і до 247 ведених (Slave). Обмін даними завжди ініціюється Master-пристроєм. Ведені пристрої ніколи не починають передачу даних, доки не отримають запит від Master. Ведомі пристрої також можуть обмінюватися даними друг з одним. Тому будь-якої миті часу в мережі Modbus може відбуватися лише один акт обміну.

Master-пристрій може надсилати запити всім веденим пристроям

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

одночасно (широкомовний режим) або тільки одному з них. Ведений пристрій повертає повідомлення у відповідь на запит, який був йому адресований [29]. У розроблюваній системі Master-пристроями є проміжні контролери, а веденими – кінцеві пристрої управління.

### 2.3.1 Розробка структурної схеми проміжного контролера

Відповідно до викладеного вище проміжний контролер є ланкою, що забезпечує взаємодію між сервером, що підключений до мережі Ethernet або Wi-Fi, та кінцевими пристроями управління, що увімкнені у мережу RS-485. Крім того, оскільки керування опаленням кінцевими пристроями управління здійснюється в реальному часі, проміжний контролер повинен забезпечувати синхронізацію часу у всіх кінцевих пристроях управління після збоїв і відновленні живлення. З врахуванням цього приходимо до структурної схеми проміжного контролера, що наведена у додатку В. Основними блоками проміжного контролера є: мікроконтролер, модуль годинника реального часу, модуль Ethernet, Wi-Fi модуль та модуль інтерфейсу RS-485.

Мікроконтролер є головним блоком проміжного контролера, який керує його роботою. Головним завданням мікроконтролера є передача даних від комп'ютерного сервера до кінцевих пристроїв управління, контроль їх працездатності, фіксація подій, що генеруються в кінцевих пристроях управління та передача відомостей про них на комп'ютерний сервер.

Не зважаючи на те, що мікроконтролер дозволяє здійснювати відлік часу самостійно за допомогою вбудованого таймера/лічильника, точність відліку залежать від кварцового резонатора. Частотні параметри кварцового резонатора, який забезпечує мікроконтролер тактовою частотою, характеризуються певною похибкою. Крім того, сам метод організації відліку за допомогою таймера/лічильника також має певну похибку. Протягом кожної доби похибки у відліку накопичуються, що призводить до суттєвого відхилення часу від реального. Для усунення цієї проблеми до складу проміжного контролера введений модуль годинника реального часу. Зазвичай такі модулі реалізуються

									Арк.
									42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

у вигляді спеціалізованих мікросхем, що забезпечують відлік часу у «реальних» одиницях (секунди, хвилини, години тощо) з великою точністю. Крім того, такі мікросхеми підтримують резервне живлення від акумуляторної батареї, що надасть можливість відновити відлік при збоях основного живлення.

Дротове Ethernet-з'єднання між проміжним контролером та комп'ютерним сервером забезпечується модулем Ethernet. Модуль є приймачем/передавачем, що забезпечує виконання функцій фізичного і канального рівнів, а саме: забезпечує кодування даних манчестерський код, синхронізацію даних, що передаються по кабелю, прийом та декодування при прийомі даних, доступ до каналу передачі за методом множинного доступу з прослуховуванням несучої та виявленням і усуванням колізій.

Обмін даними між проміжним контролером та комп'ютерним сервером через бездротове Wi-Fi з'єднання забезпечується Wi-Fi модулем. Модуль забезпечує обмін повідомленнями по радіоканалу, здійснюючи пряме та зворотне перетворення цифрових даних, з якими працює мікроконтролер, у сигнали, що передаються за допомогою радіохвилі, управління доступом до радіоканалу. До даних, які формуються мікроконтролером для передачі, Wi-Fi модуль додає службову інформацію відповідно до вимог протоколу TCP/IP, створюючи пакети, за допомогою яких ці дані передаються по радіоканалу до точки доступу. З іншого боку, Wi-Fi модуль забезпечує прийом інформаційних пакетів по радіоканалу, вилучення з них корисних даних, які у двійковому коді зчитуються мікроконтролером.

Модуль інтерфейсу RS-485 забезпечує обмін інформацією між проміжним контролером та кінцевими пристроями управління. На фізичному рівні дані у каналі RS-485 передаються диференціальними сигналами по двох дротах А та В, до яких паралельно підключаються усі пристрої мережі RS-485. Відповідно до цього модуль інтерфейсу RS-485 забезпечує пряме та зворотне перетворення двійкових даних, які представляються у мікроконтролері двома рінями напруги (напругою логічного нуля та логічної одиниці) у диференційний сигнал, що створює струм у дротах А та В.

Типове значення вхідного опору приймача з боку лінії складає 12 КОм.

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Оскільки потужність передавача має кінцеве значення, це обмежує кількість приймачів, що можуть бути підключені до мережі. Як було зазначено вище, відповідно до специфікації RS-485, до одного передавача може бути приєднано до 32 приймачів.

### 2.3.2 Розробка структурної схеми кінцевого пристрою управління

Основним призначенням кінцевих пристроїв управління є керування освітленням та температурними режимами при опаленні. Як було зазначено у підрозділі 2.2 у загальному випадку для кожної кімнати може бути як мінімум три кола керування: коло, в яке увімкнені освітлювальні прилади, коло, в яке увімкнений кондиціонер, коло керування сервоприводами системи опалення. Вхідних кіл для підключення датчиків, є як мінімум чотири: одне для підключення датчика руху, одне для підключення датчика освітлення, і ще по одному колу для підключення датчиків відкривання вікон та датчика температури.

Найбільш доцільним підходом до використання кінцевих пристроїв управління є використання окремих пристроїв для керування освітленням та керування температурою. При цьому побудова таких пристроїв повинна бути однаковою. Відповідно до цього, з врахуванням викладеного вище приходимо до структурної схеми кінцевого пристрою управління, яка наведена у додатку Г. Основними блоками пристрою є: мікроконтролер, три блока комутації, блок індикації та модуль інтерфейсу RS-485.

Основним функціональним блоком кінцевого пристрою управління є мікроконтролер. Він забезпечує керування освітлювальними приладами та сервоприводами в системі опалення відповідно до заданого алгоритму. Керування здійснюється за сигналами, які надходять до мікроконтролера з датчиків, за допомогою блоків комутації. У схемі кінцевого пристрою управління передбачаємо вісім входів для підключення датчиків: шість для підключення датчиків освітлення, датчиків відкриття дверей та вікон, і два для підключення датчиків температури. Сигнали з датчиків надходять на

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

мікроконтролер.

Параметри, які визначають процес керування, зберігаються в енергонезалежній пам'яті даних мікроконтролера. Основним з таких параметрами є: добовий графік підтримуваної температури, часові затримки вмикання/вимикання кондиціонера при закриванні/відкриванні вікна, часові інтервали очікування руху у приміщенні при спрацюванні датчика дверей для вимикання освітлення. Запис значень цих параметрів до енергонезалежної пам'яті мікроконтролера, відбувається через мережу RS-485. Крім того, через RS-485 здійснюється періодична синхронізація часу від проміжного контролера. Сам відлік часу у кінцевому пристрої управління здійснюється мікроконтролером самостійно.

Блоки комутації забезпечують замикання/розмикання кіл живлення або світильників, або кондиціонера, або сервоприводів. Ці блоки можуть бути реалізовані з використанням твердотільних або електромагнітних елементів комутації. Типовими твердотільними або напівпровідниковими елементами комутації є тиристри та симістри. Вони дозволяють здійснювати комутацію електричних кіл напругою від 24 В до 480 В постійного або змінного струмів.

До електромагнітних елементів комутації належать електромагнітні реле. Принцип дії цих приладів будується на явищі електромагнітної індукції. При прикладанні до електродів керування постійної напруги у котушці реле виникає електричний струм. У результаті навколо котушки створюється магнітне поле, під дією якого відбувається замикання вихідних механічних електричних контактів. Електромагнітні реле бувають поляризованими та нейтральними. Поляризовані реле реагують на полярність сигналу керування, а нейтральні - лише на значення струму в обмотці. Для збереження увімкненого стану в таких реле треба підтримувати постійне протікання струму в обмотці. Існують імпульсні (бістабільні) реле, для замикання/розмикання контактів в яких використовуються імпульсні сигнали. При відсутності імпульсу керування реле перебуває в одному з двох стійких станів: або розімкнено, або замкнено. На відміну від звичайних, такі реле споживають енергію лише в момент

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перемикання [30].

На відміну від твердотільних реле електромеханічні характеризуються більшим часом спрацювання та обмеженим ресурсом своїх контактів, який визначається максимально можливою кількістю перемикань. Проте електромагнітні реле незважаючи на малі габарити надають можливість комутації навантажень загальною потужністю до 4 кВт, є стійкими до імпульсів перенапруги, забезпечують високу електричну ізоляцію між колом керування та вихідною контактною групою, характеризуються низьким тепловиділенням у замкненому стані мають меншу вартість.

З врахуванням викладеного вище блоки комутації будемо будувати на основі імпульсних електромагнітних реле, оскільки вони за порівнянням з твердотільними та іншими електромеханічними реле мають найменшу споживану потужність та низьким рівень виділення тепла.

Для отримання можливості візуального контролю за працездатністю окремих компонентів системи для оптимізації енергоспоживання до складу пристрою управління введений блок індикації. Основним його призначенням буде індикація стану вхідних та вихідних кіл, індикація процесів прийому та передачі даних через канал RS-485. Найпоширенішим елементом світлової індикації у наш час є світлодіоди, тому саме на них будемо реалізовувати блок індикації.

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 Розробка функціональної схеми

Оскільки виконання усіх задач з ефективного використання електричної та теплової енергії у розглядуваній системі забезпечується кінцевими пристроями управління, у даному розділі проведемо розробку функціональної схеми саме цього пристрою. Розробку функціональної схеми кінцевого пристрою управління будемо здійснювати за його структурною схемою. На першому етапі розробки проведемо аналіз можливої реалізації структурних блоків.

#### 3.1 Аналіз можливої реалізації структурних блоків та вибір елементної бази

Головним структурним блоком кінцевого пристрою управління є мікроконтролер. Сьогодні на ринку мікроконтролерів пропонується різні моделі, що дозволяє задовольнити практично будь-які вимоги та охопити широкий спектр вирішуваних задач здатними. Оскільки вимоги розробників постійно зростають на ринку постійно з'являються нові мікроконтролери, функціональні можливості яких постійно розширюються, а технічні параметри покращуються.

До недавнього часу найбільшою популярністю серед розробників різноманітного програмно керованого обладнання користувалися 8-ми розрядні мікроконтролери, які за показником ціна/функціональність були поза конкуренцією. Проте розвиток технологій охарактеризувався тим, що сьогодні на ринку з'явилися нові 32-ох розрядні мікроконтролери з ядром ARM, які за своєю вартістю наблизилися до 8-ми бітних при набагато ширших функціональних можливостях та набагато більшій продуктивності [31]. Оскільки на вибір мікроконтролера суттєво впливають функціональні можливості та схемо технічні особливості інших компонентів, спочатку проаналізуємо варіанти реалізації інших блоків структурної схеми.

Вхідні канали кінцевого пристрою управління забезпечують надходження сигналів з різноманітних датчиків до мікроконтролера. У розглядуваній системі передбачається використання чотирьох типів датчиків: відкриття вікна або

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

дверей, руху, освітлення та температури.

Сьогодні для фіксації відкриття вікон або дверей широко використовуються магнітно-контактні датчики (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 - Магнітно-контактний датчик

Датчик складається з двох частин. Одна з них, оснащена постійним магнітом і встановлюється на віконну раму або двері. Інша містить герконовий елемент (герметичний контакт), що утворений двома контактами з феромагнітного сплаву. Ця частина розміщується на віконному або на дверному одвірку. Коли вікно або двері замкнені обидві частини датчика знаходяться поруч одна з одною, і магніт, діючи на контакти геркона, утримує їх у замкнутому стані. При відкритті вікна або дверей магніт віддаляється від геркона і його контакти розмикаються.

Підключення датчика на основі геркона до мікроконтролера може бути здійснено за схемою на рис.3.2. При розімкнених контактах на виході присутня напруга +E, при замкнених - вихідний ланцюг підключається до загальної шини.

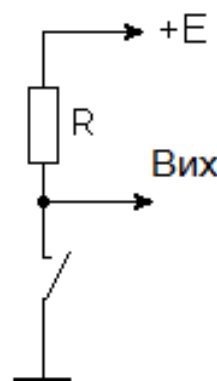


Рисунок 3.2 - Схема підключення герконового датчика до мікроконтролера

Для захисту входів мікроконтролера від пробою через помилкове підключення датчика до підвищеної напруги +E або наведення у лінії з'єднання



датчика з мікроконтролером високовольтних сигналів внаслідок дії змінних електромагнітних полів (лінія діє як антена), використовується підключення через оптрон.

Оптрон - це прилад, що складається зі світлодіода та фотоприймача. Світлодіод є входним елементом оптрона, а фотоприймач - вихідним. Оскільки зв'язок всередині оптрона є оптичним, його входне та вихідне кола електрично ізольовані між собою. Як фотоприймач може використовуватися фотодіод або фототранзистор. Схема підключення через оптрон наведена на рис. 3.3.

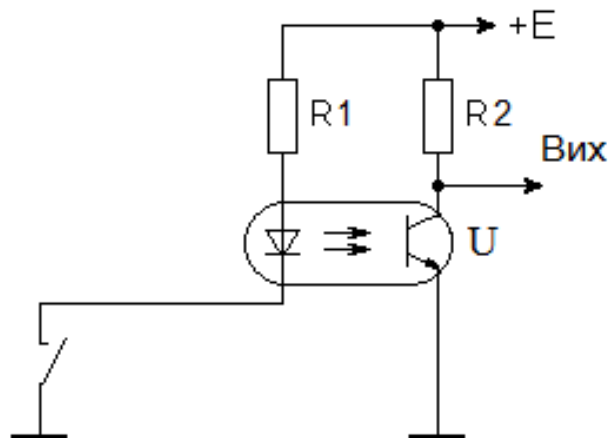


Рисунок 3.3 - Схема підключення герконового датчика через оптрон

При розімкнених контактах коло світлодіода є розімкненим. Світлодіод не випромінює, а тому фототранзистор є закритим. На виході присутня напруга +E. При замкнених контактах через світлодіод протікає прямий струм, який переводить світлодіод в режим світіння. Під дією випромінювання світлодіода фототранзистор відкривається, внаслідок чого напруга на виході падає до нуля.

Найбільш широко використовуваними датчиками руху є пасивні інфрачервоні датчики (рис. 3.4). Принцип їх роботи ґрунтується на виявленні інфрачервоного (теплого) випромінювання людини. Основу датчика складають два чутливі до інфрачервоного випромінювання елементи, найчастіше піроелектричні. Коли руху немає, вплив інфрачервоного випромінювання від зовнішніх об'єктів на обидва елементи є однаковим. При наявності руху сигнали, що формуються чутливими елементами, стають різними. Електрична схема датчика фіксує цю різницю і забезпечує замикання

або розмикання контактів реле у вихідному колі датчика. Виходячи з цього, підключення датчика руху може здійснюватися аналогічно до підключення герконового, тобто за схемою, що зображена на рис. 3.2.



Рисунок 3.4 - Датчик руху

Датчик освітлення використовується для контролю рівня природної освітленості. Основним елементом датчика є фоточутливий елемент, як правило, фоторезистор або фотодіод, електричні параметри якого змінюються в залежності від кількості світлового потоку, що потрапляє на нього. За схемотехнікою реалізації вихідного кола такі датчики бувають двох типів. До першого типу належать, так звані сутінкові вимикач або фотореле. Вихідне коло таких датчиків містить елемент комутації - реле або симистор. Електронна схема за сигналом від фоточутливого елемента формує сигнал керування, що переводить елемент комутації з увімкненого стану до вимкненого або навпаки в залежності від співвідношення між рівнем освітленості та встановленим пороговим значенням. Такі датчики фактично є самостійними пристроями, які забезпечують керування вмиканням/вимиканням освітлювальних приладів.

Другий тип датчиків (рис. 3.5) дозволяє контролювати рівень освітленості за значенням напруги на його виході. Електронна схема такого датчика забезпечує лінійну зміну напруги на його виході в діапазоні від 0 В до 10 В залежно від рівня зовнішньої освітленості. Для застосування у розглядуваній системі найбільш підходить саме цей тип датчиків освітленості.

Останнім використовуваним типом датчиків є датчики температури. На сьогоднішній день широке використання отримали мікроелектронні

										Арк.
										50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

напівпровідникові датчики температури, в яких температура перетворюється у двійковий код. Мікроелектронні датчики температури є компактними, працюють у широкому діапазоні і сумісними з цифровими інтегральними схемами. Вихідний сигнал мікроелектронного цифрового датчика, що являє собою двійковий код, може безпосередньо оброблятися мікропроцесорними засобами. Тому для контролю за температурою у приміщенні у розглядуваній системі будемо використовувати цифровий датчик. Для зазначених цілей точність вимірювання температури не повинна бути гіршою за  $\pm 1^\circ\text{C}$ .



Рисунок 3.5 - Датчик освітленості

Відповідно до цього вибираємо цифровий датчик DS18B20, що є популярною моделлю серед аналогів (рис. 3.6). Роздільна здатність DS18B20 є програмованою і може складати від 9 біт до 12 біт. Діапазон вимірювання температури становить від  $-55^\circ\text{C}$  до  $+125^\circ\text{C}$ . В діапазоні від  $-10^\circ\text{C}$  до  $+85^\circ\text{C}$  похибка вимірювання не перевищує  $0,5^\circ\text{C}$  [32].



Рисунок 3.6 - Цифровий датчик температури DS18B20

Обмін даними між DS18B20 та мікроконтролером здійснюється по однопровідній лінії зв'язку за протоколом інтерфейсу 1-Wire. Кожна мікросхема

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

DS18B20 має унікальний 64 бітний серійний номер, який дозволяє підключати на одну загальну лінію зв'язку кілька датчиків. Тобто. через один порт мікроконтролера можна обмінюватись даними з кількома датчиками, розподіленими на значній відстані. Режим дуже зручний для використання в системах екологічного контролю, моніторингу температури в будинках, вузлах обладнання технічні характеристики датчика температури DS18B20 наведені у табл. 3.1 [32].

Таблиця 3.1 - Основні технічні характеристики цифрового датчика температури DS18B20

Параметр	Значення
Напруга живлення	від 3,0 В до 5,5 В
Діапазон вимірювання температури	від -55°C до +125°C
Точність вимірювання	0,5 °C
Максимальна роздільна здатність	12 біт
Час отримання результату	не більше 750 мс при 12 бітному перетворенні
Струм споживання	Не більше 1 мА

Блоки комутації будемо реалізовувати на імпульсних електромагнітних реле. Як було зазначено у пункті 2.3.2 керування таким реле використовуються імпульсні сигнали. Такі реле мають два електроди керування. Імпульс напруги на одному з них забезпечує замикання контактів реле. Імпульс напруги на іншому електроді призводить до розмикання контактів. З врахуванням цього типова схема керування таким реле складається з двох ключових транзисторних каскадів, які забезпечують перемикання контактів реле з одного стану до іншого (рис. 3.7).

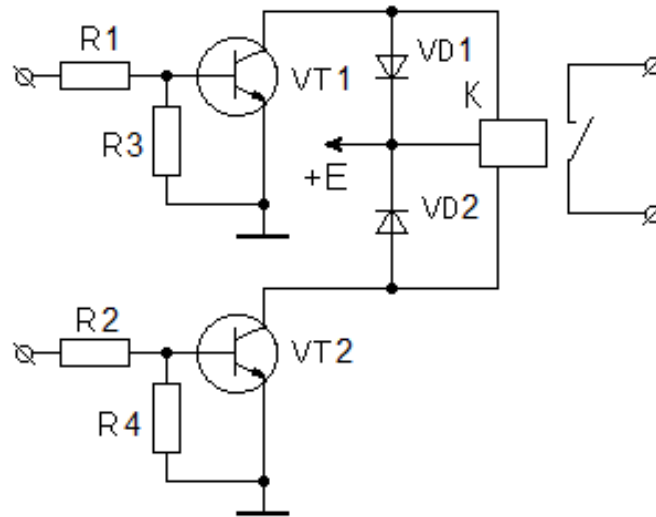


Рисунок 3.7 - Схема керування імпульсним реле

Основними критеріями при виборі реле є напруга керування +5 В, комутована напруга змінного струму не менша за 220 В, комутована потужність не менше 2 кВт (комутований струм не менше 10 А) та доступність на ринку. Цим критеріям задовольняє реле G2RL145DC, основні параметри якого наведені у табл. 3.2 [33].

Таблиця 3.2 - Основні технічні характеристики реле G2RL145DC

Параметр	Значення
Напруга керування	5 В
Струм керування	80 мА
Комутована потужність	12 А, 250 В змінного струму 12 А, 24 В постійного струму
Кількість перемикачів	20 млн

Основним критерієм при виборі транзисторів в схемі на рис. 3.1 є максимально допустимий струм колектора, який не повинен бути менший за струм керування реле, тобто менше за 80 мА. Цьому критерію задовольняє п-р-п транзистор BC817-25 основні характеристики якого наведені у табл. 3.3 [34]:

Таблиця 3.3 - Основні технічні характеристики транзистор BC817-25

Параметр	Значення
Максимальний струм колектора	500 мА
Максимальна напруга колектор-база	50 В
Максимальна напруга колектор-емітер	45 В
Статичний коефіцієнт передачі струму бази	не менше 160
Гранична частота	200 МГц

Типовим рішенням для забезпечення підключення мікроконтролерного пристрою до фізичного каналу RS-485 є використовувати мікросхем приймача/передавача, які з одного боку мають диференціальні входи/виходи для підключення до диференціальної лінії RS-485, а з іншого - цифрові порти, для підключення до мікроконтролера. Сьогодні є велике різноманіття подібних компонентів від різних виробників, типовим представником яких є мікросхема MAX-485 [35].

Прийом і передача даних відповідно до специфікації RS-485 відбуваються по одним і тим самим лініям А та В. При цьому використовується часове мультиплексування: в одні моменти часу відбувається прийом, а в інші - передача. Відповідно до цього мікросхеми приймача/передавача RS-485 крім сигнальних входів та виходів містять вхід керування напрямом передачі RE. Напрямо, за яким відбувається пересилка даних, від або до мікроконтролера визначається логічним рівнем сигналу на цьому вході. Отже для реалізації інтерфейсу мікроконтролера з приймачем/передавачем інтерфейсу RS-485 використовуються три лінії: лінія для послідовного прийому даних, лінія для послідовної передачі даних та лінія керування [35].

Для побудови блоку індикації будемо використовувати світлодіоди. Для індикації спрацювання датчиків відкриття вікна або дверей та датчика руху застосуємо світлодіоди зеленого кольору світіння. Такі самі світлодіоди

						08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			54

використаємо для індикації процесів прийому та передачі даних по інтерфейсу RS-485. Для індикації наявності підключеного датчика освітленості та температури використаємо світлодіоди жовтого кольору світіння. Стан реле будемо відображати за допомогою двокольорових світлодіодів з червоним та зеленим кольорами світіння. Замкнений стан контактів реле буде відображатися зеленим кольором, розімкнений - червоним. Оскільки на ринку пропонується широкий вибір світлодіодів з ідентичними параметрами, конкретний тип використовуваних світлодіодів зазначати не будемо.

Проведений аналіз елементної бази дозволяє сформулювати критерії для вибору мікроконтролера. По-перше, це кількість ліній введення/виведення, що дозволить підключити зазначені компоненти. Для підключення датчиків вікон, датчика дверей та датчика руху потрібно задіяти три лінії. Ще одна лінія потрібна для підключення датчика освітлення.

Не зважаючи на те, що кілька цифрових датчиків температури можуть бути підключені до однієї лінії, при такому варіанті важко здійснити зональне керування температурними режимами. Хоча кожен з датчиків має свій унікальний ідентифікатор, заздалегідь знати ідентифікатор датчика розташованого в конкретному місці не можливо. Оскільки ідентифікатор датчика можна визначити тільки після процедури обміну даними з ним, підтримка різного температурного режиму у різних зонах за допомогою датчиків, підключених до однієї лінії, вимагає трудомісткої процедури попереднього налаштування. Тому передбачимо ще дві лінії для підключення двох датчиків температури, щоб мати можливість простого налаштування для здійснення незалежного керування температурними режимами у двох зонах. Отже для підключення всіх датчиків необхідно 6 ліній.

Пристрій має три блока комутації, для керування кожним з яких відповідно до рис. 3.7 необхідно задіяти дві лінії, тобто загальна кількість ліній керування блоками комутації також дорівнює 6.

Для керування світлодіодами знадобляться 14 ліній: 6 для керування шістьма світлодіодами, що використовуються для індикації стану датчиків, 2

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

для двох світлодіодів, що забезпечують індикацію процесів передачі та прийому даних, та 6 для керування трьома двокольоровими світлодіодами, які будуть відображати поточний стан (замкнено/розімкнено) контактів реле. Нарешті ще три лінії необхідно задіяти для забезпечення обміну даними через інтерфейс RS-485. Таким чином необхідна кількість ліній введення/виведення мікроконтролера повинна бути не менша за  $6 + 6 + 14 + 3 = 29$ .

Наступним важливим критерієм при виборі мікроконтролера є можливість здійснювати за його допомогою аналого-цифрового перетворення без використання додаткових компонентів, зокрема мікросхем аналого-цифрових перетворювачів. Ця функція необхідна для контролю рівня освітленості, оскільки напруга на виході датчика освітленості пропорційна рівню освітлення, а тому є аналоговою величиною.

Нарешті, оскільки дані через інтерфейс RS-485 передаються в послідовному асинхронному режимі, до складу мікроконтролера повинен входити асинхронний послідовний передавач/приймач.

З точки зору необхідної продуктивності, доступних об'ємів пам'яті програм та пам'яті даних особливих критеріїв до мікроконтролера не висувається, оскільки процес керування повинен відбуватися у реальному часі, а значить є порівняно повільним, і не передбачає вирішування якихось складних обчислювальних задач. Тому для побудов кінцевого пристрою управління можна використати звичайний 8-ми розрядний RISC мікроконтролер, наприклад, мікроконтролер сімейства AVR, яке добре зарекомендувало себе завдяки гарному співвідношенню швидкодія/енергоспоживання, доступності різноманітних програмно-апаратних засобів підтримки, зручним режимам програмування та широкому вибору різних специфікацій мікроконтролерів.

Серед мікроконтролерів сімейства AVR визначеним вище критеріям задовольняє високопродуктивний 8-розрядний мікроконтролер ATmega162 з низьким енергоспоживанням, основні характеристики якого наведені у табл. 3.4 [36].

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56



Таблиця 3.4 - Основні технічні характеристики мікроконтролера ATmega16 [36]

Параметр	Значення
Тип мікроконтролера	8-ми розрядний RISC
Продуктивність	16 MIPS при синхронізації на 16 МГц
Об'єм внутрішньо програмованої Flash пам'яті програм	16 Кбайт
Об'єм енергонезалежної пам'яті даних EEPROM	512 байт
Об'єм оперативної пам'яті даних	1 кбайт
Кількість ліній введення/виведення	32
Таймери/лічильники	два 8-ми бітних, один 16-ти бітний
ШІМ	4 каналів
Програмований послідовний UART	1
SPI послідовний інтерфейс	1
Аналоговий компаратор	1
Аналогово-цифровий перетворювач	1 8-ми каналний, 10 біт
Програмований сторожовий таймер	1
Напруга живлення	від 2,7 В до 5,5 В
Тактова частота	до 16 МГц

### 3.2 Розробка схеми електричної функціональної

Проведений у попередньому підрозділі вибір компонентів, дозволяє розробити функціональну схему кінцевого пристрою управління, який є основним модулем системи для оптимізації енергоспоживання об'єкту нерухомості мікропроцесорного засобу. Розроблена функціональна схема наведена у додатку В. Основу схеми складає мікроконтролер DD2. Мікроконтролер забезпечує керування освітленням та температурним режимом

у приміщенні.

Керування освітленням та температурним режимом реалізується шляхом комутації електричних кіл. При керуванні освітленням комутуються електричні кола, в які увімкненні освітлювальні прилади. При керуванні температурним режимом відбувається комутація електричних кіл сервоприводів, що регулюють подачу теплоносія у радіатори системи опалення. У кінцевому пристрої управління передбачена можливість комутації ще одного кола - кола живлення кондиціонера.

Комутація електричних кіл забезпечується електромагнітними реле К1, К2 та К3. Для зменшення енергоспоживання в пасивному стані як реле використовується імпульсне реле. Відповідно до цього як сигнал управління реле використовується імпульсний сигнал, який формується лише у момент, коли необхідно перемкнути контакти реле з одного стану в інший. Протягом всього іншого часу напруга до реле не прикладається.

Керування реле реалізується мікроконтролером через лінії введення/виведення РВ0 - РВ5 та ключові каскади на транзисторах VT1 - VT6. Лінії управління вмиканням реле є лініями РВ0, РВ2 та РВ4 мікроконтролера і позначені як RelS1, RelS2 та RelS3. Лінії управління вимиканням реле позначені як RelR1, RelR2 та RelR3, сигнали на них формуються на лініях РВ1, РВ3 та РВ5 мікроконтролера. При короткочасному переведенні однієї із перерахованих ліній у стан логічної одиниці (формуванні на ній імпульсу напруги), підключений до неї транзистор вмикається, забезпечуючи протікання імпульсу струму через одну з обмоток реле. У результаті контакти реле замикаються або розмикаються відповідно до того, у якій обмотці протікає струм. Діоди VD12 - VD17 захищають транзистори від пробоя ЕРС самоіндукції, яке генерується у котушці реле в момент її вимикання. Резистори R17 - R22 обмежують базові струми транзисторів. Їх опір може бути визначений за формулою:

$$R17 \div R22 = \frac{U_{\text{ВИХ}}^1 - U_{\text{БЕ}}}{I_P} \cdot h_{21}, \quad (3.1)$$

де  $U_{\text{ВИХ}}^1$  - напруга на логічної одиниці на виході мікроконтролера;

									Арк.
									58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$U_{BE}$  - падіння напруги між базою та емітером відкритого транзистора;

$I_P$  - струм керування реле;

$h_{21}$  - коефіцієнт передачі струму бази транзистора в схемі із загальним емітером.

Резистори R30 - R35, які увімкнені між базами транзисторів та загальною шиною, запобігають самовільному вмиканню реле при прикладанні напруги живлення, коли лінії введення/виведення мікроконтролера перебувають у невизначеному логічному стані.

За типом сервоприводу поділяються на нормально закриті (NC) та нормально відкриті (NO). У нормально закритих сервоприводах за відсутності електричної напруги контактна платформа з притискним кільцем знаходиться у нижньому положенні, тобто термостатичний клапан є перекритим, і відповідно подача теплоносія перекрита. У нормально відкритих сервоприводах навпаки - за відсутності електричної напруги платформа з притискним кільцем перебувають у верхньому положенні, тобто термостатичний клапан є відкритим, і теплоносій надходить у систему [37].

Для того, щоб система опалення залишалася у режимі обігріву при зникненні напруги живлення, у розглядуваній системі передбачимо використання нормально відкритих сервоприводів.

Відображення стану реле (замкнено/розімкнено) забезпечується двокольоровими світлодіодами VD1, VD2 та VD3, керування якими здійснюється через лінії PA1...PA6 мікроконтролера. Для керування кожним зі світлодіодів задіяно дві лінії, оскільки двокольоровий світлодіод складається з двох світлодіодів - червоного та зеленого, що увімкнені у різних напрямках паралельно один одному. При різних логічних рівнях на лінях, між якими увімкнений двокольоровий світлодіод, забезпечується протікання струму або через світлодіод червоного, або світлодіод зеленого кольорів світіння.

Резистори R14, R15 та R16 визначають значення струму, що протікає через світлодіод:

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$R14 \div R16 = \frac{U_{ВИХ}^1}{I_{СД}}, \quad (3.2)$$

де  $I_{СД}$  - прямиий струм світлодіода.

Роз'єм X2 використовується для підключення датчиків дверей, вікон та руху. Для захисту виводів мікроконтролера від пробую, підключення датчиків здійснюється через оптрони U1, U2 та U3. Світлодіоди оптронів увімкнені послідовно з датчиками. Оскільки виходами зазначених датчиків є механічні контакти, відповідно до стану датчика кола, в які включені світлодіоди оптронів будуть замкненими або розімкненими. При замкненому колі через світлодіод протікає струм, світлодіод світиться, що переводить транзистор оптрона у відкритий стан. У цьому випадку напруга на колекторі транзистора буде близькою до 0 В. При розімкненому колі струм через світлодіод не протікає і транзистор є закритим. Напруга на колекторі транзистора дорівнює +5 В. Відповідно до цього на лініях PD3, PD4 та PD5 мікроконтролера, які підключені до колекторів транзисторів, в залежності від стану датчиків формується або логічний нуль, коли вихідні контакти датчика замкнені, або логічна одиниця, коли контакти датчиків розімкнені.

Виводи PD6 та PD7 мікроконтролера використовуються для організації двох однопровідних ліній зв'язку для підключення двох датчиків температури DS18B20. Фізичне підключення датчиків здійснюється через контати роз'єму X3.

Для підключення датчика освітленості використовується роз'єм X4. Сигнал з датчика, який є напругою в діапазоні від 0 В до +10 В, подається на вхід PA0 мікроконтролера через резистивний подільник напруги на резисторах R9 та R13. При значеннях опорів  $R9 = R13$  коефіцієнт ділення буде дорівнювати 2, що зменшить максимально можливе значення напруги на вході PA0 з +10 В до +5 В. Альтернативною функцією лінії введення/виведення PA0 є вхід ADC0 вбудованого аналого-цифрового перетворювача. Оскільки значення напруги на

						Арк.
					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виході датчика освітленості пропорційне світловому потоку, що потрапляє на нього, у результаті цифро-аналогового перетворення буде отримуватися двійковий код, пропорційний рівню освітленості.

Стан датчиків дверей, вікон та руху відображається світлодіодами VD4, VD5 та VD6, що підключені до ліній PC0, PC1 та PC2. При спрацюванні датчика відповідний світлодіод переводиться у режим світіння. Світлодіоди VD7, VD8 та VD9, які під'єднані до ліній PC3, PC4 та PC5, використовуються для індикації наявності підключених датчиків температури та освітленості, тобто переводяться в режим світіння, коли мікроконтролер визначає наявність датчика. Вмикання світлодіодів забезпечується переведенням у стан логічного нуля ліній мікроконтролера, до яких вони підключені.

Взаємодія з проміжним контролером відбувається через інтерфейс RS-485. Обмін даними здійснюється за допомогою елемента DD1, який забезпечує підтримку фізичного рівня інтерфейсу RS-485. Прийом та передача даних здійснюється через лінії PD0 та PD1 мікроконтролера, альтернативною функцією яких є вхід RxD та вихід TxD послідовних даних, вбудованого в мікроконтролер універсального асинхронного приймача/передавача UART. Напрямок передачі даних, від мікроконтролера або до нього, визначається логічним рівнем сигналу на вході RE елемента DD1. Керування напрямом передачі здійснюється через лінію введення/виведення PD2 мікроконтролера. Підключення до ліній А та В дводротового каналу зв'язку здійснюється через однойменні контакти роз'єму X1.

Процес обміну даними через інтерфейс RS-485 відображається світінням світлодіодів VD10 та VD11, які керуються від ліній PC6 та PC7 мікроконтролера. Активізація світлодіода VD10 відбувається при прийомі даних, а світлодіода VD11 - при їх передачі.

В додатку Е наведений лістинг основних модулів програми мікроконтролера, що реалізують зазначені складові елементи процесу функціонування.

										Арк.
										61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

## Висновки

Зниження рівня споживання енергетичних ресурсів може бути досягнуто не лише при використанні більш ефективних приладів, а й за рахунок більш раціонального використання електричної та теплової енергії. Зменшення витрат електричної енергії на освітлення може бути досягнуто за рахунок автоматичного вимикання освітлювальних приладів при відсутності людей у приміщені та при достатньому рівні природнього освітлення. Зниження витрат теплової енергії можна досягти за рахунок підтримання різних температурних режимів у різні часові інтервали доби.

У проекті запропоновані підходи до технічної побудови порівняно маловартісної розподіленої системи для забезпечення енергоефективного споживання електричної та теплової енергії у будівлях, кінцеві пристрої управління якої можуть автономно забезпечувати керування освітлювальним приладами та підтримувати різні температурні режими відповідно до програмно заданих налаштувань.

Взаємодія між пристроями всередині системи забезпечується через дротову мережу RS-485 з використанням протоколу Modbus. Зв'язок із системою із зовні забезпечується Ethernet або WiFi підключенням з підтримкою протоколу TCP/IP.

Функціонування системи забезпечується з використанням магнітно-контактних датчиків на основі герконових елементів, пасивних інфрачервоних датчиків руху, аналогових датчиків освітленості та цифрових датчиків температури типу DS18B20. Кінцевий пристрій управління дозволяє підключати трьох датчиків з виходом типу «сухий контакт», одного аналогового датчика освітленості та двох цифрових датчиків температури, та забезпечує комутацію трьох електричних кіл 12 А, 250 В змінного струму та 12 А, 24 В постійного струму.

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

## Перелік джерел посилання

1. Петров И.В., Коробова О.С. Зарубежный опыт стимулирования энергосберегающих мероприятий // Журнал «Горный информационноаналитический бюллетень» 2016. № 1-1. С.127-138. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21450028>.
2. Телюк К. Ф. Энергозбереження як складова системи вдосконалення суспільного виробництва / К. Ф. Телюк, М. С. Білокриницька, В. І. Кравчук // Регіональна економіка 2017, №2, С. 46-54.
3. Коментарі та пропозиції до проекту Енергетичної стратегії України на період до 2030 року. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://necu.org.ua/wp-content/uploads/NECU\\_proposals\\_energy\\_strategy2035.pdf](http://necu.org.ua/wp-content/uploads/NECU_proposals_energy_strategy2035.pdf).
4. Домбровський О. Невідповідність між наявністю енергоносіїв та потребою в них як виклик національній безпеці [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://reform.energy/analytics/energoeffektivnost-akhillesova-pyata-ukrainskojekonomiki-1234>.
5. Энергоэффективность – не просто тренд, а вимога часу. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://iceg.com.ua/energoefektyvnist-ne-prosto-trend-a-vymoga-chasu/>.
6. Что такое система управления освещением? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.revolight.ru/partners/learning/documents/chto-takoe-sistema-upravleniya-osveshcheniem/>.
7. Автоматизированные системы управления освещением. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://svetpro.ru/htm/informations/info\\_47.html](https://svetpro.ru/htm/informations/info_47.html).
8. Общие принципы управления освещением. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://lifeandlight.ru/svetodizajn/upravleniye-osvecsheniem/obshhie-printsipy-upravleniya-osveshheniem.html>.
9. Система управления освещением DALI. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://electricalschool.info/main/lighting/827-sistema-upravlenija-osveshheniem-dali.html>.
10. Управление освещением. [Електронний ресурс]. Режим доступу:

										08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
											63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

<https://gorodled.ru/stati/upravlenie-osveshcheniem-obzor-protokolov/>.

11. Системы управления отоплением – от ручного к погодозависимому. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://teplo.bast.ru/articles/sistemi-upravlenia-otopleniem>.

12. Термостат для котлів опалення. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://wach.ru/uk/gardening/termostat-dlya-kotlov-otopleniya-termoregulyator-dlya-kotla-avtomatika.html>.

13. Управление отоплением. Часть 1. Комнатные термостаты. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dunven.ru/upravlenie-sistemoj-otopleniya-chast-1-komnatnye-termostaty/>.

14. Регулировка температуры твердотопливного котла. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://inbud.ru/regulirovka-podachi-vozduxa-v-kotle.html>.

15. Термоэлектрические приводы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://boiler-gas.ru/content/Docs/technical-information-stout-ste-0010.pdf>.

16. LDALI-PLC2 / LDALI-PLC4: Programmable DALI Controller. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.loytec.com/products/dali/5558-programmable-dali-controller>.

17. Контроль температуры в помещении Uponor Smatrix PRO. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.uponor.com/ru-ru/produkty/sistemy-upravleniya-otopleniem-i-ohlazhdeniem/uponor-smatrix-pro>.

18. Synco: Building automation and control for small and medium-sized buildings. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://new.siemens.com/global/en/products/buildings/automation/synco.html>.

19. Проводная или беспроводная сеть? Плюсы, минусы и некоторые особенности. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://smb.ixbt.com/articles/tehnologii-i-produkty/2016-03-20/organizacija-seti>.

20. Проводные и беспроводные локальные сети - преимущества и недостатки. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://alternativa.dp.ua/provodnye-i-besprovodnye-lokalnye-seti-preimushhestva-i-nedostatki/>.

						08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			64



21. Комп'ютерні мережі : підручник / Азаров О. Д., Захарченко С. М., Кадук О. В. та ін.. – Вінниця : ВНТУ, 2020, 378 с.

22. Обзор технологии Ethernet. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bg.net.ua/content/obzor-tekhnologii-ethernet>.

23. Интерфейс RS485. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.axwar.com/kipia/items/rs485/rs485.htm>.

24. Физические интерфейсы RS485 и RS422. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://teleofis.freshdesk.com/support/solutions/articles/19000063244-%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5-%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%84%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%8B-rs485-%D0%B8-rs422>.

25. Выбор правильного протокола беспроводной связи для вашего приложения IoT. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elenergi.ru/vybor-pravilnogo-protokola-besprovodnoj-svyazi-dlya-vashego-prilozheniya-iot.html>.

26. Беспроводная технология Wi-Fi. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.lessons-tva.info/articles/net/003.html>.

27. Аникин А. Обзор современных технологий беспроводной передачи данных в частотных диапазонах ISM (Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi) и 434/868 МГц // Беспроводные технологии. 2011. №4. С. 6-12.

28. Беспроводные сети ZigBee. Часть 1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/efo/blog/281048/>.

29. Введение в MODBUS протокол. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://tef.kpi.ua/files/modbus\\_protocol\\_1268913961.pdf](http://tef.kpi.ua/files/modbus_protocol_1268913961.pdf).

30. Устройство и принцип действия электромагнитных реле. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ruaut.ru/content/publikacii/electro/ustroystvo-i-printsip-deystviya-elektromagnitnykh-rele-ikh-preimushchestva-i-nedostatki.html>.

31. Обзор рынка микроконтроллеров для встраиваемых приложений. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/optic/349/doc/549>.

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

32. Датчик температуры DS18B20 (18B20) цифровой. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mini-tech.com.ua/datchik-temperature-ds18b20>.

33. PCB Relay G2RL. . [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kosmodrom.com.ua/pdf/G2RL.pdf>.

34. BC817 45 V, 500 mA NPN general-purpose transistors. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/BC817\\_SER.pdf](https://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/BC817_SER.pdf)

35. MAX481/MAX483/MAX485/ MAX487–MAX491/MAX1487 Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX1487-MAX491.pdf>.

36. Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash ATmega16, ATmega16L. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/doc2466.pdf>.

37. Сервопривод для систем отопления. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fiting.kiev.ua/blog/avtomatika/servoprivod-dlya-sistem-otopleniya.html>

					08-23.БДП.004.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Додаток А

Міністерство освіти та науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОТ

д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_ О. Д. Азаров

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на виконання бакалаврського дипломного проекту  
«Система для оптимізації енергоспоживання об'єкту нерухомості»  
08-23.БДП.004.00.000 ТЗ

Науковий керівник: доцент к.т.н.

\_\_\_\_\_ Тарновський М. Г.

Виконав: студент групи КІ-20мс

\_\_\_\_\_ Доберчак В.М.

Вінниця, 2022 р.

## 1 Підстава для виконання бакалаврського дипломного проекту (БДП)

1.1 Керування освітлювальними приладами та температурними режимами для раціонального використання електричної та теплової енергії.

1.2 Наказ про затвердження теми БДП.

## 2 Мета БДП і призначення розробки

2.1 Мета робота — підвищення ефективності технічних засобів, призначених для забезпечення енергоефективного споживання електричної та теплової енергії.

2.2 Призначення розробки — визначення підходів до побудови апаратно-програмних засобів управління освітлювальними приладами залежно від присутності людей та умов природнього освітлення, підтримання різних температурних режимів відповідно до часу доби та днів тижня при опаленні.

## 3 Вихідні дані для виконання БДП

3.1 Функціональне призначення — керування освітлювальними приладами та температурними режимами при опаленні.

3.2 Керування освітленням — вимикання освітлювальних приладів при відсутності людей.

3.3 Керування опаленням — підтримання різних температурних режимів у приміщенні відповідно до часу доби.

3.4 Тип системи — розподілена.

3.5 Принцип керування — комутація електричних кіл.

## 4 Вимоги до виконання БДП

4.1 Провести обґрунтування доцільності розробки.

4.2 Провести аналіз сучасних засобів для оптимізації енергоспоживання.

4.3 Провести аналіз можливих підходів до побудови системи.

4.4 Розробити структурні схеми системи та пристроїв, що водять до її складу.

4.5 Розробити функціональну схему одного з основних модулів системи.

## 5 Етапи БДП та очікувані результати

Етапи проекту та очікувані результати приведено в Таблиці А.1.

Таблиця А.1 — Етапи БДП

№	Назва	Термін		Результат
		початок	кінець	
1	Обґрунтування доцільності розробки. Аналіз сучасних засобів для оптимізації енергоспоживання			Вступ Розділ 1
2	Аналіз можливих підходів до побудови системи			Розділ 2
3	Розробка структурних схем системи та пристроїв, що водять до її складу			Розділ 2
4	Вибір елементної бази та розробка функціональної схеми кінцевого пристрою управління			Розділ 3
5	Оформлення пояснювальної записки та презентації			ПЗ та презентація

## 6 Матеріали, що подаються до захисту БДП

До захисту подаються: пояснювальна записка БДП, графічні та ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту БДП на кафедрі, відзив наукового керівника, рецензія опонента, анотації до БДП українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення БДП діючим вимогам.

## 7 Порядок контролю виконання та захисту БДП

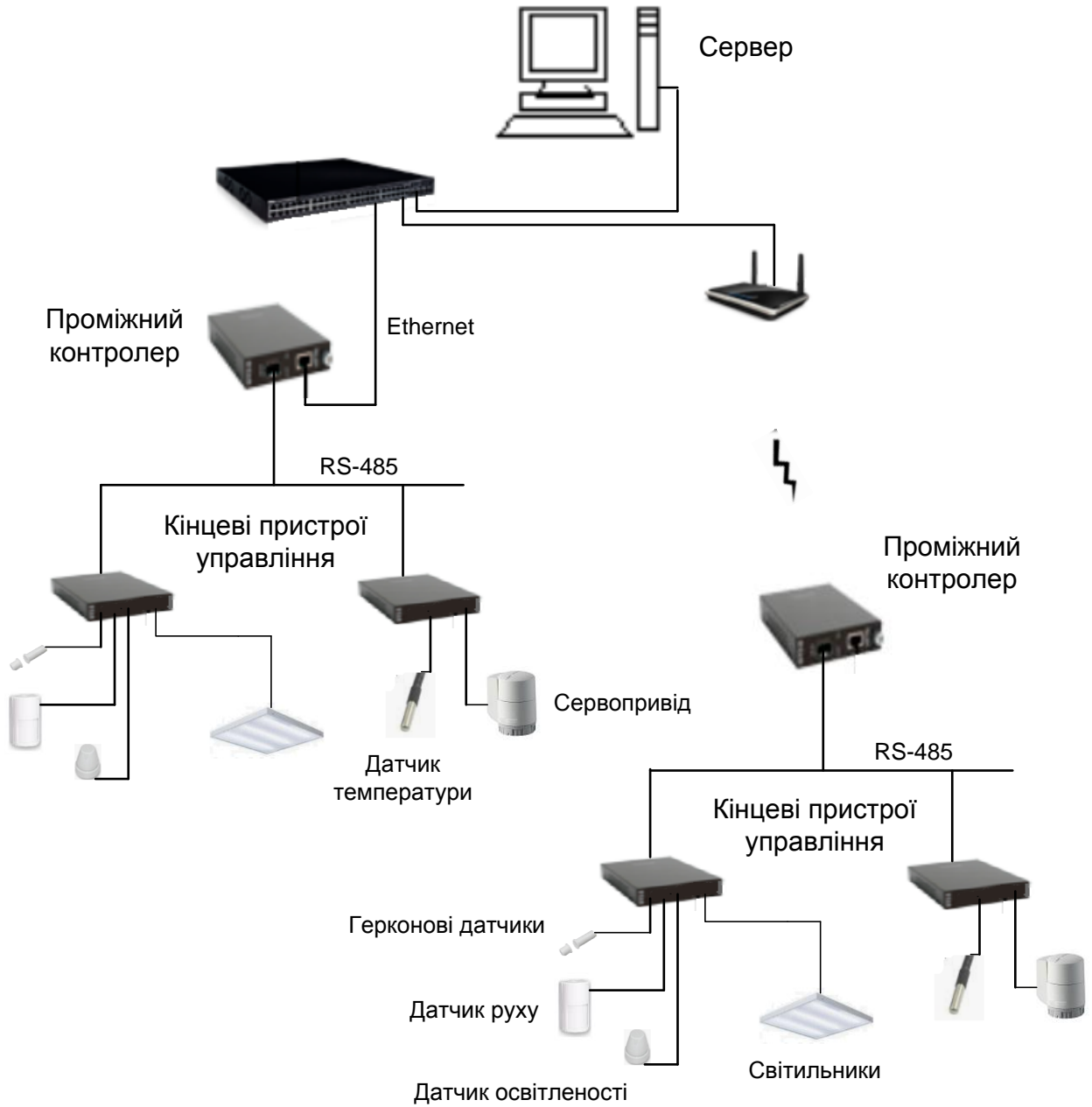
Виконання етапів графічної та розрахункової документації БДП контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами.

Захист БДП відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженою наказом ректора.

## 8 Вимоги до оформлення БДП

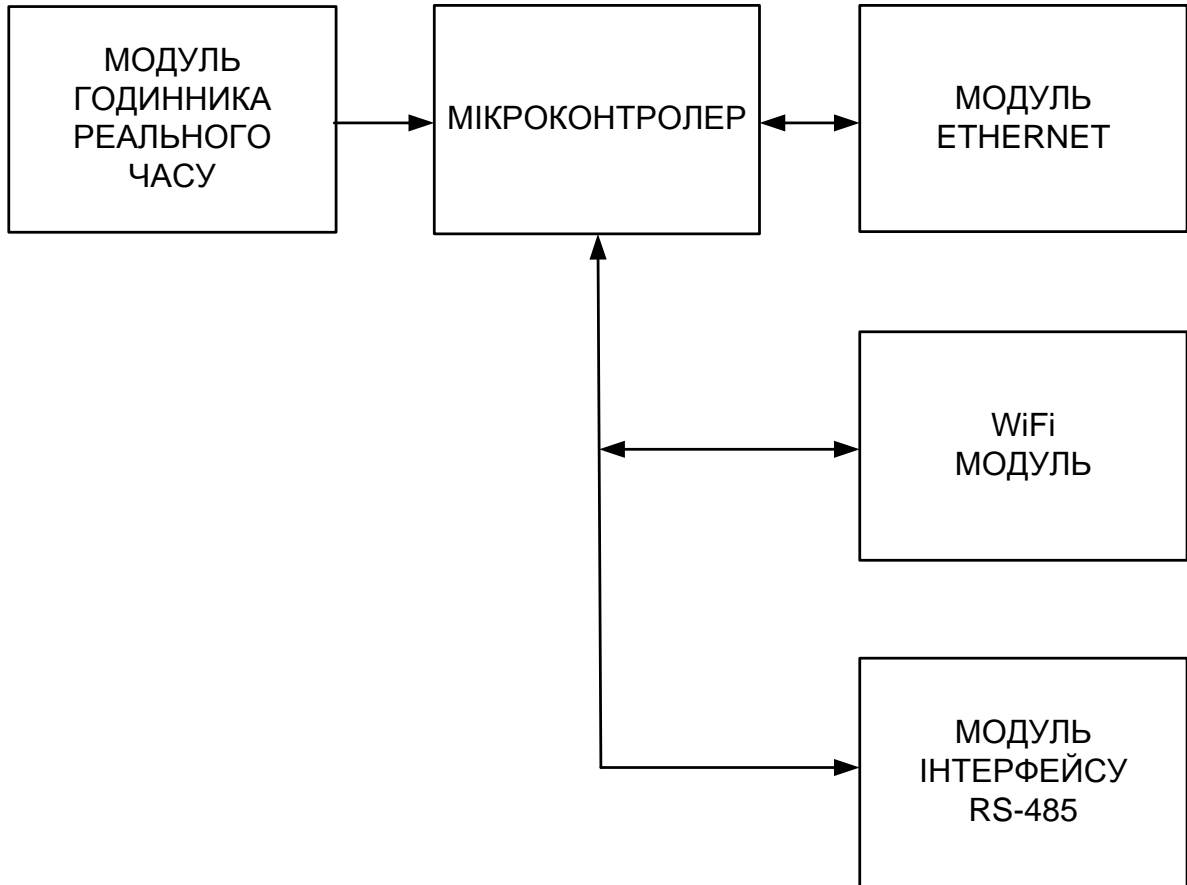
Вимоги викладені в МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВКАХ до дипломного проектування, ГОСТ 2.104-2006 «ЕСКД. Основные надписи», ГОСТ 2.105-95 «ЕСКД. Общие требования к текстовым документам», ДСТУ 3974-2000 «Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. Загальні положення» та діючого ГОСТ 2.114-95 «ЕСКД. Технические условия».

# Додаток Б



					<i>08-23.БДП.004.00.000 Е1</i>						
					<i>Мікропроцесорна система для оптимізації енергоспоживання об'єкту нерухомості Структурна схема</i>	<i>Лім.</i>		<i>Маса</i>		<i>Масштаб</i>	
<i>Змн.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>							
<i>Розроб.</i>		<i>Доберчак В.М.</i>									
<i>Перевір.</i>		<i>Тарновський М.Г.</i>									
<i>Т. Контр.</i>											
<i>Реценз.</i>		<i>Лужецький В.А</i>									
<i>Н. Контр.</i>		<i>Швець С. І.</i>									
<i>Затверд.</i>		<i>Азаров О. Д.</i>									
						<i>Арк 1</i>		<i>Аркушів 1</i>			
						<i>ВНТУ, гр. КІ-20мс</i>					

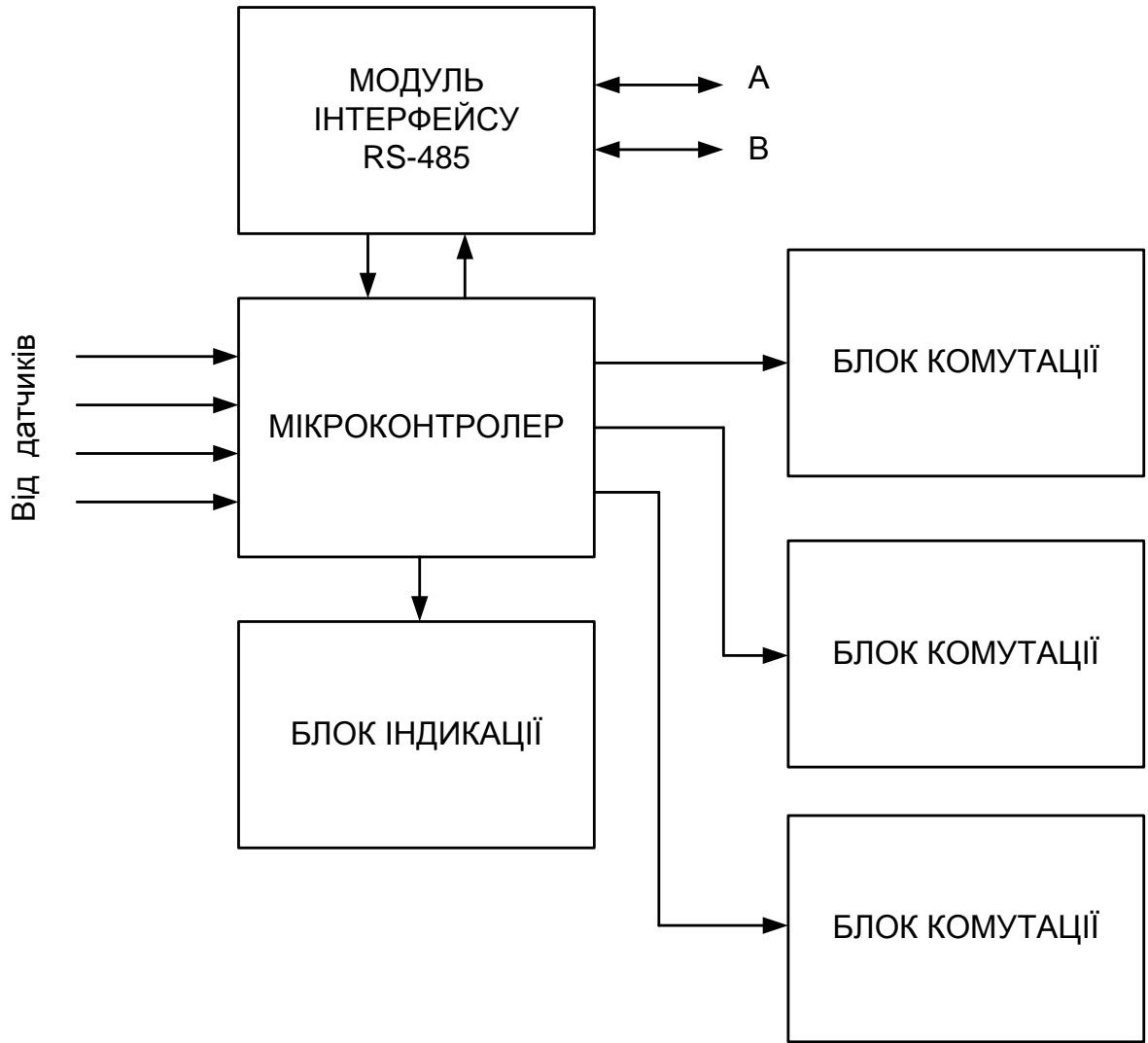
Додаток В



					<i>08-23.БДП.004.01.000 E1</i>				
					<i>Мікропроцесорна система для оптимізації енергоспоживання об'єкту нерухомості . Проміжний контролер Схема електрична структурна</i>	<i>Лім.</i>		<i>Маса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>		<i>Доберчак В.М.</i>							
<i>Перевір.</i>		<i>Тарновський М.Г.</i>							
<i>Т. Контр.</i>						<i>Арк</i>	<i>1</i>	<i>Аркушів</i>	<i>1</i>
<i>Реценз.</i>		<i>Лужецький В.А</i>				<i>ВНТУ, гр. КІ-20мс</i>			
<i>Н. Контр.</i>		<i>Швець С. І.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Азаров О. Д.</i>							

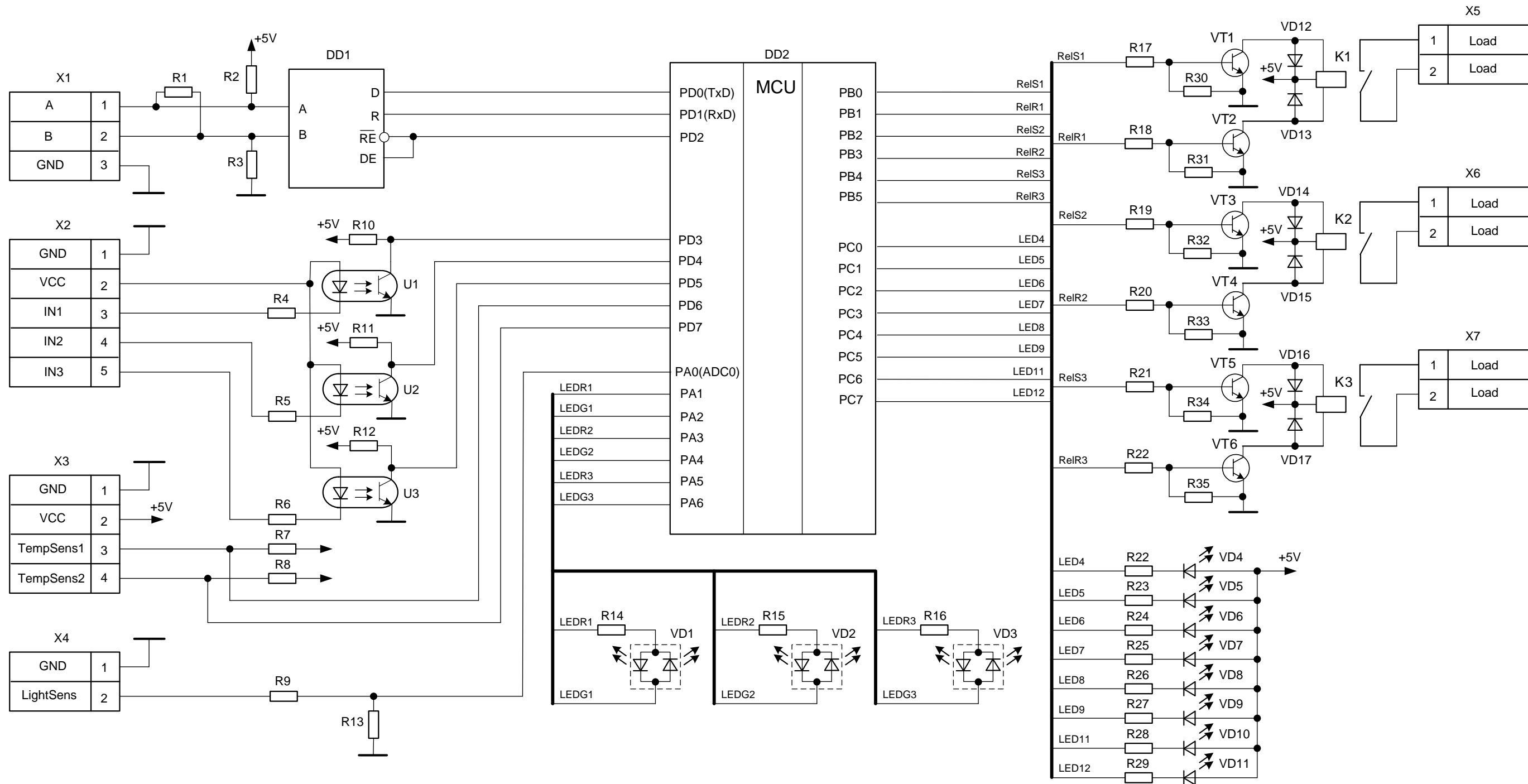


Додаток Г



					<i>08-23.БДП.004.02.000 Е1</i>					
					Мікропроцесорна система для оптимізації енергоспоживання об'єкту нерухомості Кінцевий пристрій управління Схема електрична структурна			Лім.	Маса	Масштаб
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Доберчак В.М.								
Перевір.		Тарновський М.Г.								
Т. Контр.										
Реценз.		Лужецький В.А								
Н. Контр.		Швець С. І.								
Затверд.		Азаров О. Д.								
					Арк 1		Аркушів 1			
					ВНТУ, гр. КІ-20мс					

## Додаток Д



				<b>08-23.БДП.004.02.000 E2</b>			
				<i>Система для оптимізації енергоспоживання об'єкту нерухомості. Кінцевий пристрій управління</i>			
				<i>Схема електрична-функціональна</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Лім.</i>	<i>Маса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Розробив</i>		Доберчак В. М.					
<i>Перевірив</i>		Тарновський М.Г.					
<i>Т. контр.</i>					Аркуш 1	Аркушів 1	
<i>Рецензент</i>		Лужецький В. А.			<b>ВНТУ, гр. КІ-20мс</b>		
<i>Н. контр.</i>		Шевць С. І.					
<i>Затвердив</i>		Азаров О. Д.					

## Додаток Е

### Лістинг основних модулів програми

```
/**
//*****
// Ініціалізація пристрою
//*****
void Device_initialization (void)
{
    __disable_interrupt();

    CLRBIT(ACSR,ACIE);
    SETBIT(ACSR,ACD);

    ACSR |= 1<<ACD;

    Rele_DDR = (1<<RR1)|(1<<RS1)|(1<<RR2)|(1<<RS2);
    Rele_PORT = 0;
    InputSignal_PORT = (1<<IN0)|(1<<IN1)|(1<<IN2)|(1<<IN3)|(1<<IN4)|(1<<IN5);
    LED1_DDR |= (1<<LED6)|(1<<LED7)|(1<<LED8)|(1<<LED9);
    LED1_PORT |= (1<<LED6)|(1<<LED7)|(1<<LED8)|(1<<LED9);
    LED1_DDR |= LED1_RED|LED1_GREEN|LED2_RED|LED2_GREEN;
/ RS485_DDR=(1<<TxD);
RS485_PORT=(1<<RxD)|(1<<TxD);

    LED2_DDR |= (1<<LED1)|(1<<LED2)|(1<<LED3);
    LED2_PORT |= (1<<LED1)|(1<<LED2)|(1<<LED3);
    RS485_Cntrl_DDR |= (1<<ReciveEnable);

    LED3_DDR |= (1<<LED4)|(1<<LED5);
    LED3_PORT |= (1<<LED4)|(1<<LED5);
    del_ms(100);
}
/**
//*****
// Відновлення конфігурації
//*****
void ToRestoreDeviceConfig(void)
{
    unsigned char flash *FlashDataPntr;
    unsigned int EEAddress;
    unsigned char data;

    FlashDataPntr = DeviceConfig;

    while(1)
    {
        EEAddress = *FlashDataPntr++;
        EEAddress <<= 8;
        EEAddress |= *FlashDataPntr++;
        if(EEAddress == 0xFFFF)break;

        WriteToIntEE(EEAddress+*,*FlashDataPntr++);
        WriteToIntEE(EEAddress,*FlashDataPntr++);
    }
}
/**
//*****
// Скидання пристрою
//*****
void ToReset_Device(void)
{
    unsigned char BaudRate;

    __disable_interrupt();

    BaudRate = ToCheckBaudRate(ReadFromIntEE(UART_SPEED_address+1));
    if(!BaudRate)ToSetBaudRate(6);
    else
    {
        UBRR0H = 0;
        UBRR0L = BaudRate;
    }
}

```

```

}
_SLEEP();
UCSR0C = (1<<URSEL0) | (1<<UCSZ01) | (1<<UCSZ00);
UCSR0B = (1<<RXCIE0)|(1<<RXEN0); //(1<<TXEN0);
ReceiverByteCnt = 0;

MyAddress = ReadFromIntEE(MyAddress_address+1);
if(!MyAddress || MyAddress == 0xFF)
{
    ToRestoreDeviceConfig();
    MyAddress = ReadFromIntEE(MyAddress_address+1);
}
if(ReadFromIntEE(LastCellAddress) == 0xFF)
{
    WriteToIntEE(DeviceID_address, DeviceInfi[0]);
    WriteToIntEE(DeviceID_address+1, DeviceInfi[1]);
    WriteToIntEE(DeviceID_address+2, DeviceInfi[2]);
    WriteToIntEE(DeviceID_address+3, DeviceInfi[3]);
    WriteToIntEE(DeviceID_address+4, DeviceInfi[4]);
    WriteToIntEE(DeviceID_address+5, DeviceInfi[5]);
    WriteToIntEE(LastCellAddress, 0);
}
//
LowLevelTimeSet = ReadFromIntEE(TimeConfig_address);
LowLevelTimeSet <<= 8;
LowLevelTimeSet |= ReadFromIntEE(TimeConfig_address+1);

OutputMask = ReadFromIntEE(OutputMask_address+1);
InputMask0 = ReadFromIntEE(InputMask0_address+1);
InputMask1 = ReadFromIntEE(InputMask1_address+1);
InputMask2 = ReadFromIntEE(InputMask2_address+1);
//
//
TIMSK = (1<<OCIE1A);
OCR1A = Timer1_Period;

Tasks = 0;
Status = 0;
InLEDsStatusForOddTact = 0;
InLEDsStatusForEvenTact = 0;
__enable_interrupt();
}
//*****
//Ініціалізація режимів реле
//*****
void ToIniReleParam(void)
{
//=====
Rele1.Mode = ReadFromIntEE(Rele1_Mode_address + 1);
if(!(Rele1.Mode & 0x0F))
{
    Rele1.InputStatusForOn = 0xFF;
    Rele1.InputNumber = 0xFF;
}
else
{
    Rele1.InputStatusForOn = (Rele1.Mode & 0x80) >> 7;
    Rele1.InputNumber = (Rele1.Mode >> 4) & 0x07;
    Rele1.InputStatusForOn <<= Rele1.InputNumber;
    Rele1.Mode &= 0x0F;
}

if(Rele1.Mode == 5)
{
    Rele1.SettingTemperatureA = ReadFromIntEE(Rele1_DelayOn_address + 1);
    Rele1.SettingTemperatureP = ReadFromIntEE(Rele1_DelayOff_address + 1);
}
else
{
    Rele1.DelayForOnTime = ReadFromIntEE(Rele1_DelayOn_address + 1);
}

```

```

Rele1.DelayForOffTime = ReadFromIntEE(Rele1_DelayOff_address + 1);
Rele1.SettingTemperatureA = 0xFF;
Rele1.SettingTemperatureP = 0xFF;
Rele1.CurrentTemperature = 0xFF;
}
//=====
Rele2.Mode = ReadFromIntEE(Rele2_Mode_address + 1);
if(!(Rele2.Mode & 0x0F))
{
    Rele2.InputStatusForOn = 0xFF;
    Rele2.InputNumber = 0xFF;
}
else
{
    Rele2.InputStatusForOn = (Rele2.Mode & 0x80) >> 7;
    Rele2.InputNumber = (Rele2.Mode >> 4) & 0x07;
    Rele2.InputStatusForOn <<= Rele2.InputNumber;
    Rele2.Mode &= 0x0F;
}
if(Rele2.Mode == 5)
{
    Rele2.SettingTemperatureA = ReadFromIntEE(Rele2_DelayOn_address + 1);
    Rele2.SettingTemperatureP = ReadFromIntEE(Rele2_DelayOff_address + 1);
}
else
{
    Rele2.DelayForOnTime = ReadFromIntEE(Rele2_DelayOn_address + 1);
    Rele2.DelayForOffTime = ReadFromIntEE(Rele2_DelayOff_address + 1);
    Rele2.SettingTemperatureA = 0xFF;
    Rele2.SettingTemperatureP = 0xFF;
    Rele2.CurrentTemperature = 0xFF;
}
//=====
}
//*****
//    Визначення підключених датчиків температури
//*****
void ToScanTemperaureSensor(unsigned char *SensDataPntr)
{
    unsigned char SensorChannelCnt, SensorAmountPrev;

    for(SensorChannelCnt = 0; SensorChannelCnt < TemperSensChnlAmountMax; SensorChannelCnt++)
    {
        SensorAmountPrev = *SensDataPntr;
        // __disable_interrupt();
        *SensDataPntr = ToFind_Ds18B20(SensorChannelCnt);
        // __enable_interrupt();
        if(*SensDataPntr)
        {
            if(!SensorAmountPrev)
            {
                __disable_interrupt();
                Configure_Ds18B20(SensorChannelCnt);
                __enable_interrupt();
            }

            if(SensorChannelCnt == 0) LED1_PORT &= ~(1<<LED9);
            else
            if(SensorChannelCnt == 1) LED1_PORT &= ~(1<<LED8);
            else
            if(SensorChannelCnt == 2) LED1_PORT &= ~(1<<LED7);
            else
            if(SensorChannelCnt == 3) LED1_PORT &= ~(1<<LED6);
        }
        else
        {
            ToReset_Temperature(SensorChannelCnt, 0);
            if(SensorChannelCnt == 0) LED1_PORT |= (1<<LED9);    /
            else
            if(SensorChannelCnt == 1) LED1_PORT |= (1<<LED8);
            else

```

```

        if(SensorChannelCnt == 2)LED1_PORT |= (1<<LED7);
        else
            if(SensorChannelCnt == 3)LED1_PORT |= (1<<LED6);
    }
    ++SensDataPntr;
}
}
//*****
//    Функції керування саном реле
//*****
void ToControlRele(ReleParam *Rele,unsigned char InputState)
{
    if(Rele->InputStatusForOn == InputState)
    {
        if(Rele->Mode == 5)
        {
            Rele->CurrentTemperature = Rele->SettingTemperatureA;
        }
        else
        {
            Rele->TimeOut = Rele->DelayForOnTime;
            if(!Rele->TimeOut)
            {
                Rele->TimeOut = 1;
                Rele->TimeOut1sCnt = 1;
                __disable_interrupt();
                SETBIT(Tasks,ToCheckReleStat);
                __enable_interrupt();
            }
            else Rele->TimeOut1sCnt = 10;
            Rele->EndState = 1;
        }
    }
    else
    {
        if(Rele->Mode == 5)
        {
            Rele->CurrentTemperature = Rele->SettingTemperatureP;
        }
        else
        {
            Rele->TimeOut = Rele->DelayForOffTime;
            if(!Rele->TimeOut)
            {
                Rele->TimeOut = 1;
                Rele->TimeOut1sCnt = 1;
                __disable_interrupt();
                SETBIT(Tasks,ToCheckReleStat);
                __enable_interrupt();
            }
            else Rele->TimeOut1sCnt = 10;
            Rele->EndState = 0;
        }
    }
}
//*****
//    Визначення стану реле
//*****
unsigned char CheckReleStat(ReleParam *Rele)
{
    if(Rele->TimeOut)
    {
        --Rele->TimeOut1sCnt;
        if(!Rele->TimeOut1sCnt)
        {
            --Rele->TimeOut;
            if(!Rele->TimeOut)return 1;
            Rele->TimeOut1sCnt = 10;
        }
    }
    return 0;
}

```

```

//*****
//    Сканування входів
//*****
void ToScanInputs(unsigned char *InputsStatusPtr)
{
#define InputsAmount 6

static unsigned char InputsStat = 0xFF & ((1<<IN0)|(1<<IN1)|(1<<IN2)),
    Drebezg = 0;
unsigned char data,i,SelInput = 0x01;
static unsigned int LowLevelTime[InputsAmount];

data = InputsStat;
InputsStat = InputSignal_PIN & ((1<<IN0)|(1<<IN1)|(1<<IN2));
data ^= InputsStat;
Drebezg |= data;
data ^= Drebezg;

for(i = IN0; i <= IN2; i++)
{
if(data & SelInput)
{
Drebezg &= ~SelInput;
if(!(InputsStat & SelInput))
{
*InputsStatusPtr |= SelInput;
ToChangeInLEDsStatus(i,0);
}
else
{
LowLevelTime[i] = 0;
ToChangeInLEDsStatus(i,1);
}

if(i == Rele1.InputNumber)
ToControlRele(&Rele1,InputsStat & SelInput);
//else
if(i == Rele2.InputNumber)
ToControlRele(&Rele2,InputsStat & SelInput);
}
else
{
if(!(InputsStat & SelInput)) //
{ //
++LowLevelTime[i];
if(LowLevelTime[i] >= LowLevelTimeSet)
{
*(InputsStatusPtr+1) |= SelInput;
LowLevelTime[i] = 0;
}
}
}
SelInput <<= 1;
}
}
//*****
//    Індикація стану входів
//*****
void ToChangeInLEDsStatus(unsigned char ChanalNumber,unsigned char ChanalStatus)
{
switch(ChanalNumber)
{
case IN0: if(!ChanalStatus)
InLEDsStatusForOddTact |= (1 << LED1);
else
InLEDsStatusForOddTact &= ~(1 << LED1);
break;

case IN1: if(!ChanalStatus)
InLEDsStatusForEvenTact |= (1 << LED1);
else
InLEDsStatusForEvenTact &= ~(1 << LED1);
}
}

```



```

        break;

case IN2: if(!ChanalStatus)
    InLEDsStatusForOddTact |= (1 << LED2);
    else
    InLEDsStatusForOddTact &= ~(1 << LED2);
    break;

}
}
//*****
//    Прийом пакетів даних
//*****
#pragma vector=USART0_RXC_vect
__interrupt void ToReceiveCommand(void)
{
    static unsigned char ExpectedAmountByte;
    static unsigned char AddressByte;

    LED3_PORT &= ~(1<<LED4);

    InputBuffer[ReceiverByteCnt++] = UDR0;

    switch(ReceiverByteCnt)
    {
        case 1:          if(InputBuffer[0] == 0x3A)
            SETBIT(Status,OldProtocol);
        else
        {
            CLRBIT(Status,OldProtocol);
            AddressByte = InputBuffer[0];
        }
        break;

    case 2:          if(Status & (1 << OldProtocol))
            AddressByte = InputBuffer[1];
        else
            ExpectedAmountByte = InputBuffer[1];

        if(!AddressByte || (AddressByte == MyAddress))
            SETBIT(Status,ServerRequest);

        break;

        default:  if(Status & (1 << OldProtocol))
        {
            if((InputBuffer[ReceiverByteCnt - 2] == 0x3B) &&
                (InputBuffer[ReceiverByteCnt - 1] == 0x3C))
            {
                ExpectedAmountByte = ReceiverByteCnt;
            }
        }

        if(ReceiverByteCnt == ExpectedAmountByte)
        {
            if(!AddressByte || (AddressByte == MyAddress))
            {
                SETBIT(Tasks,ToProcessCommand);
                AmountOfReceivedByte = ReceiverByteCnt;
                UCSROB = 0;
            }
            ExpectedAmountByte = 0;
            TimeOutForReceiv = 0;
            ReceiverByteCnt = 0;
            LED3_PORT |= (1<<LED4);
        }
    }
    TimeOutForReceiv = TimeOutForReceivIni;
}
//*****
//#endif

```

```

//*****
// Обробка переривання за звільненням передавача
//*****
#pragma vector=USART0_UDRE_vect
__interrupt void ToTransByte(void)
{
    static unsigned char TransferByteCnt=0;

    LED3_PORT &= ~(1<<LED5);
    UDR0=OutputBuffer[TransferByteCnt++];

    if(TransferByteCnt == AmountOfByteForTransfer)
    {
        UCSR0B=(1<<TXCIE0)|(1<<TXEN0);
        TransferByteCnt=0;
    }
}
//*****
// Обробка переривання за пустим регістром передавача
//*****
#pragma vector=USART0_TXC_vect
__interrupt void ToComplete_Transfer(void)
{
    UCSR0B = (1<<RXCIE0)|(1<<RXEN0);
    RS485_Cntrl_PORT &= ~(1<<ReciveEnable);
    del_mks(10);
    LED3_PORT |= (1<<LED5);
    CLRBIT(Status,ServerRequest);
}
//*****

```

