

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри

_____ Галина БОГДАН

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи
та технології в приладобудуванні»**

**спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»**

на тему: «Автоматизована система контролю освітлення приміщення»

Виконав:

студент IV курсу, групи ПМ-11

Бондаренко Владислав Володимирович

Керівник:

завідувач каф. АСНК, доктор технічних наук, доцент

Киричук Юрій Володимирович

Рецензент:

професор каф. ІВТ, доктор технічних наук, доцент

Шевченко Костянтин Леонідович

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2025 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Пояснювальна записка	79	
3	A1	ДПБ ПМ11.01.000.00 Е1	Автоматизована система контролю освітлення. Схема структурна	1	
4	A1	ДПБ ПМ11.01.000.00 Е2	Автоматизована система контролю освітлення. Схема принципова	1	
5	A1	ДПБ ПМ11.01.000.00 Е3	Автоматизована система контролю освітлення. Схема електрична принципова	1	
6	A1	ДПБ ПМ11.01.000.00	Блок-схема алгоритму роботи автоматизованої системи контролю освітлення	1	

				<i>ДПБ ПМ11.01.000.00</i>		
	ПБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Бондаренко В.В.			Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Керівн.	Киричук Ю.В.				1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Гр. ПМ-11	
Н/контр.						
В.о. зав.каф.	Богдан Г.А.					

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Автоматизована система контролю освітлення
приміщення»**

Київ – 2025 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Галина БОГДАН

«__» _____ 2025_ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Бондаренку Владиславу Володимировичу

1. Тема проєкту «Автоматизована система контролю освітлення приміщення», керівник проєкту Киричук Юрій Володимирович, доктор технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від «26» травня 2025 р. № №1765-с

2. Термін подання студентом проєкту: 13.06.2025

3. Вихідні дані до проєкту: Розробити систему яка буде забезпечувати контроль загальних параметрів, які забезпечують оптимальне керування освітленням у приміщенні. Система повинна забезпечувати вимірювання наступних параметрів: рівень освітленості у приміщенні; виявлення руху; виявлення звуку. Структура системи повинна бути модульною та забезпечувати передачу даних бездротовим методом.

4. Зміст пояснювальної записки: Вступ; Розділ 1. Система автоматичного керування. Контроль рівня освітлення та загальні вимоги. Розділ 2. Розробка принципу роботи системи. Структурна схема системи керування освітленням. Розділ 3. Розробка апаратної складової системи. Розробка електричної

принципової схеми. Розділ 4. Аспекти розробки системного програмного забезпечення. Розробка блок-схеми алгоритму роботи АСКО. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Автоматизована система керування освітлення приміщення. Схема структурна - ф. А1; Автоматизована система керування освітлення приміщення. Схема принципова - ф. А1; Автоматизована система керування освітлення приміщення. Схема електрична принципова - ф. А1; Блок-схема алгоритму роботи Автоматизована система керування освітлення приміщення - ф. А1.

6. Дата видачі завдання 26.03.2025

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Отримання завдання на виконання	26.03.2025	
2	Розгляд теоретичних аспектів розробки автоматизованих систем контролю та керування	05.04.2025	
3	Визначити перелік ключових вимог до параметрів освітленості та контролю	09.04.2025	
4	Описати структуру схеми системи. Розробити структурну схему	14.04.2025	
5	Розробити принципову схему роботи системи автоматизованого керування освітленням	20.04.2025	
5	Описати перелік компонентів системи, виконати порівняння та вибір оптимальних	27.04.2025	
6	Розробити електричну принципову схему системи	07.05.2025	
7	Описати програмну взаємодію компонентів системи	15.05.2025	
8	Розробити алгоритм роботи. Побудувати блок-схему алгоритму	23.05.2025	

Студент

Владислав БОНДАРЕНКО

Керівник

Юрій КИРИЧУК

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт складається з вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків, а також списку використаних літературних джерел. Містить у складі 68 сторінок основного тексту, 29 ілюстрацій та 21 посилання на використану літературу.

Метою даної роботи є проєктування та розробка автоматизованої системи керування освітленням, яка буде здатна забезпечити оптимальний показник енергоефективності, режим адаптивного та безпечного управління освітлювальними приладами чи загальною системою освітлення.

Для виконання дипломного проєкту сформовано перелік завдань:

- виконання опису загальних принципів автоматизації систем контролю та керування згідно теорії автоматичного управління;
- перегляд та опис визначених норм щодо оптимального рівня показників освітленості згідно офіційно визнаних стандартів;
- виконання розробки концепції системи, опис функціональних можливостей. Розробка структурної та принципової схеми автоматизованої системи керування освітленням;
- проведення вибору основних складових системи, а саме електронної обчислювальної системи, датчиків та інших комплектуючих;
- розробка електричної принципової схеми цілісної системи на основі структури та обраних складових;
- розгляд питання розробки програмного забезпечення з врахуванням особливостей вбудованих систем. Розробка алгоритму роботи програми та побудувати блок-схему даного алгоритму;
- загальні висновки виконання роботи.

Ключові слова: автоматизована система контролю, автоматизація, система керування освітленням, розумний будинок, система моніторингу

ABSTRACT

The diploma project consists of an introduction, four main chapters, conclusions, and a list of references. It includes 68 pages of main text, 29 illustrations, and 21 references to the literature used.

The aim of this work is the design and development of an automated lighting control system capable of ensuring optimal energy efficiency, adaptive operation, and safe control of lighting devices or the overall lighting system.

To complete the diploma project, the following tasks were formulated:

- providing a description of the general principles of automation in control systems according to the theory of automatic control;
- reviewing and describing relevant regulations regarding optimal illumination levels in accordance with officially recognized standards;
- developing the system concept and describing its functional capabilities. Designing the structural and schematic diagrams of the automated lighting control system;
- selecting the main components of the system, including the electronic computing system, sensors, and other parts;
- designing the electrical schematic of the complete system based on the structure and selected components;
- addressing the development of software, considering the specifics of embedded systems. Developing the program workflow algorithm and constructing its block diagram;
- providing general conclusions of the work performed.

Keywords: automated control system, automation, lighting control system, smart home, monitoring system.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	10
ВСТУП.....	11
1. СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ. КОНТРОЛЬ РІВНЯ ОСВІТЛЕННЯ ТА ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ.....	12
1.1. Система автоматичного керування. Принципи автоматизації.....	12
1.2. Контроль рівня освітленості. Вимоги до освітлення в приміщенні.....	16
1.3. Огляд та опис систем-аналогів.....	19
1.4. Мета та актуальність роботи. Постановка задач.....	22
1.5. Висновки розділу 1.....	23
2 РОЗРОБКА ПРИНЦИПУ РОБОТИ СИСТЕМИ. СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ.....	24
2.1. Опис функціональних можливостей системи.....	24
2.2. Опис принципу роботи системи контролю та керування освітлення. Розробка структурної схеми системи.....	28
2.3. Розробка принципової схеми системи контролю освітлення.....	30
2.4. Висновки розділу 2.....	33
3. РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ СКЛАДОВОЇ СИСТЕМИ. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	34
3.1. Обґрунтування вибору обчислювального пристрою системи.....	34
3.2. Обґрунтування вибору апаратних складових системи.....	39
3.2.1. Огляд та вибір датчиків системи.....	39
3.2.2. Огляд та вибір драйвера виконавчого механізму.....	48
3.2.3. Огляд та вибір пристроїв введення/виведення інформації.....	51
3.3. Розробка та опис електричної принципової схеми системи.....	54

					<i>ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Бондаренко В.В.				Автоматизована система контролю освітлення приміщення Пояснювальна записка.	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Киричук Ю.В.						8	79
Н. контр.						ПБФ, «КПІ ім. І. Сікорського»		
Затв.								

3.4. Розрахунок показників потужності споживання складових системи.....	60
3.5. Висновки розділу 3.....	64
4 АСПЕКТИ РОЗРОБКИ СИСТЕМНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ. РОЗРОБКА БЛОК-СХЕМИ АЛГОРИТМУ РОБОТИ АСКО.....	66
4.1. Розробка програмного забезпечення. Особливості розробки на апаратному рівні.....	66
4.2. Розробка та опис блок-схеми алгоритму роботи системи керування освітленням.....	70
4.3. Висновки до розділу 4.....	75
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77
ДОДАТКИ	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

САК – система автоматизованого керування/контролю;

СК – система керування;

ОК – об'єкт керування;

ЗЗ – зворотній зв'язок;

МС – мікропроцесорна система;

ТАК – теорія автоматичного керування;

АСКО – автоматизована система керування освітленням;

Лк – люкс, одиниця вимірювання рівня освітленості;

ШИМ – широтна імпульсна модуляція сигналу;

АЦП – аналого-цифровий перетворювач;

МК – мікроконтролер;

IoT – Internet of Things, концепція побудови вбудованих систем;

ПЗ – програмне забезпечення;

СПЗ – системне програмне забезпечення.

					<i>ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасному світі розробка та інтеграція автоматизованих систем стали одним з ключових напрямків розвитку промислових та побутових пристроїв. Зростання потреби у мінімізації енергоспоживання та підвищення комфортних умов життєдіяльності, наприклад у робочих умовах, сприяє активному впровадженню інтелектуальних та автоматизованих рішень у різних сферах.

Одним із напрямків даної сфери є - автоматизовані системи контролю та керування, зокрема автоматизованого контролю керування освітленням приміщення різного типу та призначення. Такі системи призначені для мінімізації витрат, а також для забезпечення вимог та стандартів. Автоматизовані системи дозволяють адаптувати різні показники, включно з освітленням, відповідно до поточних потреб користувачів.

У свою чергу розвиток галузі мікропроцесорної техніки, вимірювальних пристроїв, мережевих технологій та бездротового зв'язку дозволяє забезпечити необхідні апаратні та програмні можливості для забезпечення функціональності таких автоматизованих систем контролю та керування. Таким чином, автоматизована система поєднує у своєму складі апаратну частину та програмне забезпечення, яке утворює систему яка здатна функціонувати у режимі реального часу.

Автоматизація процесів у системі керування освітленістю дозволяють забезпечити оптимальний баланс між енергоспоживанням та якістю умов середовища.

					<i>ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ. КОНТРОЛЬ РІВНЯ ОСВІТЛЕННЯ ТА ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ

1.1. Система автоматичного керування. Принципи автоматизації

Автоматизовані рішення засновані на системах автоматичного контролю та керування, які описують та забезпечують апаратну та програмну реалізацію. Ці дві частини у поєднанні створюють повноцінну систему, яка здатна виконувати функції, або набір функцій, в автономному режимі при цьому забезпечуючи оптимальний рівень точності та надійності.

Система автоматичного керування/контролю (САК) – це сукупність взаємопов'язаних апаратних та програмних систем, які у поєднанні забезпечують процес керування об'єктом або технологічним процесом. Умови керування задаються програмним чином. Загальну схему автоматизованої системи зображено на рис. 1.1.

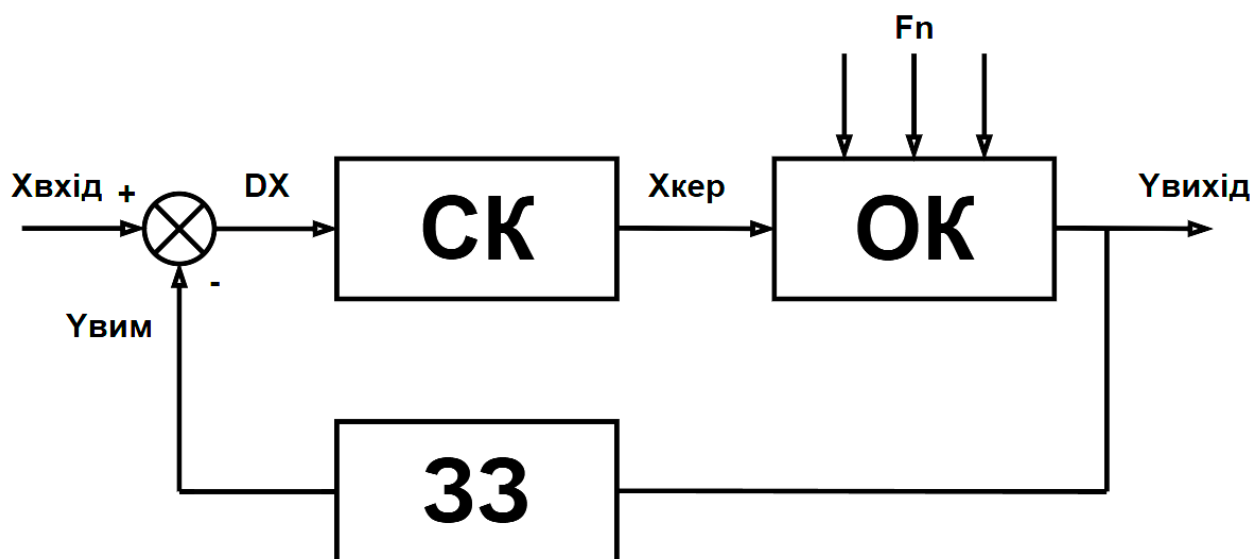


Рисунок 1.1. Загальна схема САК

У загальному розуміння автоматизація – це процес, який передбачає заміну людської праці технічними системами, які здатні виконувати операції без

прямої впливу людини-оператора, окрім задач обслуговування чи налаштування. Тобто загальна ціль автоматизації – мінімізація участі людини у різноманітних процесах.

Автоматизація охоплює широкий спектр завдань, які включають у собі для початку звичайне керування станом об'єкта керування, і завершуючи складним аналізом даних та прийняттям рішень у реальному часі.

Одним з основних в теорії автоматичного керування є поняття автоматизації, під якою розуміють здійснення процесів або окремих операцій без прямої участі (або з обмеженою участю) людини. У першому випадку процес називають автоматичним, а в другому – автоматизованим [1, с. 8].

Схема автоматизації відображає набір блоків, а саме:

1) система керування (СК) – забезпечує керування, збір та аналіз даних, а також формує вихідні сигнали керування для подальшого впливу на об'єкт керування;

2) об'єкт керування (ОК) – представляє собою реальний фізичний об'єкт, процес чи середовище, який можна охарактеризувати набором параметрів, які можна вимірювати та отримати точне значення для подальшої обробки. На ОК у свою чергу впливає набір зовнішніх збурень F , які тим чи іншим чином впливають на фактичне значення параметра і утворюють різницю між заданим значенням і фактичним;

3) зворотній зв'язок (ЗЗ) – блок системи, який призначений для збору фактичних даних з ОК, виконуючи подальшу передачу цих даних на вхід СК для того, щоб виконати корекцію алгоритму врахувавши відхилення які спричиняють зовнішні збурення. Важливо зазначити, що не всі системи можуть мати даний блок. У випадку коли система має блок ЗЗ, вона вважається замкненою.

Важливо визначити основний перелік елементів, які утворюють систему автоматичного керування [6, 7]:

1) датчики, вимірювальні блоки – призначені для виконання різноманітних задач вимірювання параметрів середовища або визначеного об'єкта керування чи контролю, наприклад рівень освітленості, показники температури чи вологості тощо;

2) обчислювальна система – представляє собою зазвичай мікропроцесорну систему (МС), яка виконує аналіз отриманих даних, обробку, програмну фільтрацію, забезпечує взаємодію між складовими елементами системи, приймає рішення щодо виконання дій, і працює за заданим програмним алгоритмом;

3) виконавчі механізми (ВМ) – представляють собою набір апаратних компонентів, основним призначенням яких є здійснення безпосереднього впливу на ОК, наприклад для системи контролю температури ВМ виконує вмикання чи вимикання нагрівального елемента, а наприклад у системі керування освітленням це може бути реалізація динамічної зміни яскравості ламп тощо;

4) засоби введення та виведення інформації – є важливим складовим компонентом, який забезпечує зв'язок між системою та користувачем і може бути виконаний через спеціальні засоби введення чи виведення даних, наприклад через монітор та клавіатуру, або через додаток, що є поширеною практикою для сучасних систем.

Загалом під керуванням розуміють певні дії, що вносять бажані, визначені користувачем або оператором, зміни в зазначений процес який автоматизовується (виконує цілеспрямовані дії) і ґрунтуються на використанні початкової та робочої інформації. Під інформацією розуміють будь-які корисні відомості, отримані на підставі досвіду в найширшому сенсі (історичного, технічного, експериментального та ін.) [1, с. 16].

					<i>ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрізняють початкову (апріорну) інформацію, яка наявна до початку роботи пристрою (об'єкта керування) і робочу (апостеріорну) - інформацію, що отримується в процесі функціонування об'єкта [1, с. 16].

Автоматизовані системи у більшості випадків повинні забезпечувати наступний перелік принципів, зокрема для системи контролю освітлення [8,9]:

1) принцип ЗЗ – ключовий елемент, який дозволяє системі адаптувати свої дії враховуючи зміни навколишнього середовища;

2) принцип модульності – забезпечення структури системи у вигляді окремих функціональних блоків, які можна змінювати, доповнювати та масштабувати;

3) надійність – система повинна забезпечувати стійку роботу в умовах впливу різноманітних зовнішніх факторів та збурень;

4) принцип гнучкості та адаптивності – система повинна реалізовувати здатність до змін параметрів своєї роботи враховуючи поточні умови робочого середовища чи об'єкта керування/контролю.

У контексті розробки автоматизованої системи керування освітленням у приміщенні дотримання розглянутого переліку принципів здатне забезпечити повноцінний набір функціональних можливостей для керування та моніторингу у реальному часі.

Робота будь-яких автоматичних систем, від простіших до самих складних заснована на одних і тих самих основних принципах. Які передбачають чітке розуміння їх суті і знання основ теорії автоматичного керування (ТАК), що є необхідною умовою для правильного розуміння принципу роботи, особливостей пристроїв і експлуатації будь-яких автоматичних систем [2, с. 4].

Розуміння теоретичних основ ТАК є необхідним для побудови автоматизованої системи контролю рівня освітленості.

					<i>ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Контроль рівня освітленості. Вимоги до освітлення в приміщенні

Контроль параметру рівня освітленості є одним із ключових у задачі забезпечення комфортного та безпечного середовища, незалежно від призначення та експлуатації приміщення.

У сучасних автоматизованих системах даний параметр контролюється за допомогою використання спеціальних сенсорів, зокрема фоторезисторів, цифрових світлочутливих датчиків тощо, які здатні сприймати світло в певному діапазоні, забезпечувати вимірювання та конвертацію сигналу в форму яка придатна для обробки електронною обчислювальною системою. Відповідно отриманий цифровий сигнал після обробки перетворюється у зрозумілий для людини формат, наприклад в одиниці вимірювання рівня освітленості люкси (Лк) і на основі цього значення система вже здатна приймати рішення щодо налаштування режимів роботи системи освітлення.

Контроль рівня освітленості вирішує такий перелік завдань:

- 1) підтримання оптимального рівня освітленості в приміщенні враховуючи його тип, призначення та розміри;
- 2) забезпечувати зниження рівня енергоспоживання шляхом адаптивного керування яскравістю освітлення;
- 3) як наслідок забезпечує комфортні умови перебування та праці у приміщенні, завдяки компенсації недостачі природного світла штучним;
- 4) забезпечує необхідний рівень безпеки у місцях з високими вимогами до видимості, наприклад на сходах тощо.

Для того, щоб забезпечити прийнятний рівень освітлення в приміщенні дуже важливо, окрім необхідної освітленості, щоб додатково було задоволено якісні та кількісні показники. Вимоги до освітлення визначають забезпеченням трьох основних потреб людини, відповідно [3, 4]:

					<i>ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) зоровий комфорт, коли працівники мають хороше самопочуття, і опосередковано це також сприяє підвищенню рівня працездатності й високій якості роботи;

2) зорове уявлення, коли працівники можуть виконувати свої зорові завдання, навіть у важких умовах і протягом більш тривалих періодів;

3) безпека. Основними параметрами штучного та природного освітлення, що визначають світлове середовище, є такі [3, 4]:

- розподіл яскравості;
- рівень освітленості;
- блискавість;
- спрямованість світла;
- кольоропередання і колір випромінення;
- пульсація.

Відповідно до нормативних документів та стандартів визначається перелік вимог до рівня освітленості у приміщеннях у залежності від його типу та призначення, наприклад [3, 4]:

- 1) у житлових кімнатах від 100 до 200 Лк;
- 2) на кухнях від 300 до 500 Лк;
- 3) класних кімнатах у школі від 300 до 500 Лк;
- 4) офісних робочих приміщеннях від 500 до 700 Лк;
- 5) складських приміщеннях від 100 до 300 Лк;
- 6) у коридорах та переходах від 75 до 150 Лк тощо.

Освітленість зони оточення має відповідати освітленості зони завдань і забезпечувати добре збалансований розподіл яскравості у полі зору. Великі просторові зміни освітленості навколо зони завдання можуть призвести до зорової напруги та дискомфорту. Освітленість зони оточення може бути менше, ніж освітленість у зоні завдання, але має бути не менше значень визначених стандартом. У зоні оточення має бути смуга шириною не менше ніж 2 м навколо зони завдань у межах поля зору [4].

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливою особливістю сучасних автоматизованих систем керування освітленням, є реалізація адаптивного налаштування, яке враховує не лише фіксовані значення, а й зовнішні фактори, наприклад відсутність чи наявність природного світла, зміну часу доби, кількість людей у приміщенні тощо.

Таким чином, інтеграція системи контролю рівня освітленості в приміщенні на базі автоматизованих рішень дозволяє значною мірою підвищити ефективність освітлення та забезпечити повну відповідність до нормативних документів, а також зменшити витрати на експлуатацію та підвищити комфорт. Світлотехнічні рішення має бути розроблено таким чином, щоб враховувати та задовольняти вимогам до освітлення конкретного завдання чи зони енергоефективним способом. Важливо також простим зменшенням споживання енергії не створити загрозу, зменшивши візуальну ефективність[4].

Відповідно економію енергії може бути забезпечено шляхом використання, за наявності, денного світла, контролюючи електричне освітлення за присутності працівників і поліпшуючи експлуатаційні характеристики освітлювальної установки. Це потребує прийняття рішення щодо розгляду та інтеграції відповідних систем керування освітленням [4].

Кількість денного світла протягом дня залежить від часу і кліматичних умов. Однак велика кількість денного світла протягом дня забезпечує потреби в освітленні без використання при цьому електроенергії. У разі використання автоматичного або ручного перемикачів чи світлорегулювання систем освітлення, є багато можливостей для економії електроенергії та забезпечення задовільної комбінації електричного освітлення з денним світлом. Відсутність людей може бути встановлено за допомогою відповідних датчиків руху, які можуть бути невід'ємною частиною системи освітлення. Такий підхід до контролю може забезпечити економію енергії за рахунок зменшення використання електричного світла, коли зона порожня або її не використовують[4].

					<i>ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3. Огляд та опис систем-аналогів

Для того, щоб детально розглянути і в подальшому сформулювати концепцію та структуру АСКО варто розглянути системи-аналоги. У даному розгляді буде виконуватися аналіз технічних складових, функціональних можливостей та обмеження застосування.

У джерелі [5], як приклад сучасної високотехнологічної системи приладів керування розглядається плата компанії Onbon (див. рис. 1.2).

У системі для передачі даних на мікроконтролер використовуються USB, GPRS, Ethernet та безпроводні технології. Також реалізовано інтерфейси, які надають можливість підключення датчиків температури та вологості [5].

У більшості випадків, такого роду платформи є досить універсальними, але не розраховуються на специфіку деяких завдань, наприклад, при необхідності регулювати велику кількість освітлювальних приладів, лише одним наявним датчиком у системі [5].

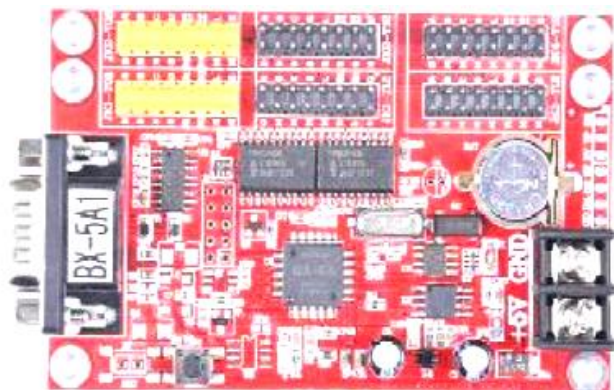


Рисунок 1.2. Плата керування компанії Onbon [5]

Оглядаючи структуру системи можна зробити висновок, що вона має досить розвинену архітектуру, інтегрує значну кількість інтерфейсів, має зовнішні контакти для підключення зовнішніх елементів та пристроїв.

Вирішення поставлених проблем і розробка схемотехнічної частини, має починатися з побудови алгоритму роботи автоматичної системи керування,

					<i>ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечення захищеності системи та реалізації мільтипериферійного програмного забезпечення для зв'язку між системою та оператором. Після опрацювання даних питань буде підготовлена основа, яка в подальшому буде необхідною у процесі вибору елементної бази, схемотехнічної розробки та написанні інтерфейсу користувача [5].

Виконуючи вибір методу передачі даних бажано відштовхуватись від рівня бюджетності та загальної поширеності. Автор зазначає, що у процесі дослідження цих параметрів було виявилось, що найкращим рішенням буде використання технології Wi-Fi. Так як, окрім швидкого і зручного доступу, використання Wi-Fi підвищує рівень безпеки, за рахунок наявності вбудованої функції firewall що виконує функцію захисту від зовнішньої атаки. Також у в архітектурі системи, за необхідності задати команди віддалено передбачається наявність функції GPRS [5].

Описана у статі автоматична система керування освітленням реалізує багаторівневу структуру, яка включає у собі окремий сервер та інтерфейс керування. Сервер має бути захищеним від зовнішнього несанкціонованого доступу і визначення мережевими роботами У залежності від специфіки застосування системи, необхідно розробити алгоритм ПЗ для забезпечення зв'язку «клієнт-машина» [5].

Наявність, у якості додаткового способу передачі даних, GPRS модуль надає можливість у разі потреби виконувати керування пристроями віддалено. Реалізація програмного забезпечення мовою Java забезпечить мультипериферійність, що буде мінімально обмежувати користувача і надавати можливість використання будь-яких зручних операційних систем, програмного забезпечення і отримувати необхідний ЗЗ [5]. Завдяки сучасним REST архітектурам та серіалізації даних, реалізується швидке виконання синхронізації з іншими системами, наприклад з погодними сервісами, що дасть можливість автоматично задавати значення необхідні для комфортного перебування в приміщенні [5].

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система-аналог, яка була описана в статті, є прикладом багаторівневої автоматизованої системи керування освітленням, яка включає не тільки апаратні аспекти, а й програмні засоби управління, передачі даних тощо. Така система розроблена з орієнтацією на забезпечення універсального рішення з широким набором можливостей для масштабування та забезпечення віддаленого доступу, що є дуже важливим для сучасних автоматизованих рішень. У підсумку можна визначити наступний перелік функціональних можливостей такого типу системи:

1) мультипериферійне з'єднання – надає у доступ значний перелік інтерфейсів для передачі даних, включно з бездротовими технологіями;

2) реалізує підтримку інтерфейсів для підключення датчиків температури та вологості;

3) забезпечує віддалене керування – має у складі GPRS модуль, що надає можливість обмінюватися даними, але в свою чергу даний метод має ряд особливостей та обмежень і можливо є не самим кращим рішенням для системи автоматизованого контролю чи керування;

4) інтеграція з іншими системами – REST-архітектура надає ряд технічних можливостей для синхронізації з різними сервісами, наприклад з даними про погодні умови, або з іншими необхідними зовнішніми ресурсами чи джерелами.

В свою чергу така платформа також володіє рядом обмежень, які необхідно враховувати для подальшого проєктування:

1) обмеження у кількості сенсорів – має обмеження як кількісне в міру доступних інтерфейсів, а також в самих типах датчиків;

2) загальна універсальність платформи – не передбачає можливість оптимізації під специфічні задачі в одній області, можливо не враховує можливість інтеграції додаткових сенсорів для розширення функціональних можливостей, також може мати обмеження щодо типів модулів та їх особливостей, які можна підключити;

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) можливі затримки передачі даних – використання методу передачі даних шляхом інтеграції GPRS-модуля може створювати затримки у роботі в режимі обміну даними в реальному часі, а також може призводити до часткових втрат даних тощо.

1.4. Мета та актуальність роботи. Постановка задач

Метою даної роботи є проєктування та розробка автоматизованої системи керування освітленням, яка буде здатна забезпечити оптимальний показник енергоефективності, режим адаптивного та безпечного управління освітлювальними приладами чи загальною системою освітлення.

Актуальність обраної теми обумовлена зростанням вимог до енергоефективності у поєднанні з дотриманням визначених норм та стандартів підтримки оптимального рівня освітленості в приміщенні незалежно від того якого типу приміщення де застосовується система. Використання сучасних мікропроцесорних систем та технологій автоматизації дозволяє оптимізувати використання електроенергії, знизити зношення освітлювального обладнання та забезпечити адаптацію до змін у навколишньому середовищі.

Система буде розроблятися з урахуванням таких аспектів як:

- можливість інтеграції у систему розумного будинку;
- адаптація до навколишнього середовища та присутності людей у приміщенні тощо;
- централізоване та дистанційне керування/обмін даними.

Для виконання даної роботи сформовано перелік завдань для виконання:

- 1) опис загальних принципів автоматизації систем контролю та керування згідно теорії автоматичного управління;
- 2) огляд норм та стандартів щодо показників освітленості згідно офіційно визнаних стандартів;

					<i>ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

3) розробка концепції системи, опис функціональних можливостей. Розробка структурної та принципової схеми автоматизованої системи керування освітленням;

4) вибір основних складових системи, а саме електронної обчислювальної системи, датчиків та інших комплектуючих. Розробити електричну принципову схему цілісної системи на основі структури та обраних складових;

5) розглянути питання розробки програмного забезпечення з врахуванням особливостей вбудованих систем. Розробити алгоритм роботи програми та побудувати блок-схему даного алгоритму.

1.5. Висновки розділу 1

У розділі було розглянуто питання автоматизації та теорії автоматичного управління, що є важливим для виконання проєктування автоматизованої системи керування освітленням у приміщенні. Описано загальний принцип автоматизованих систем керування та контролю, а також додано схему представлення усіх складових, взаємозв'язків та сигналів САК.

Розглянуто перелік нормативних документів, які регулюють та визначають необхідні показники, які варто підтримувати у приміщенні різного типу. Також розглянуто рекомендації щодо оптимізації системи контролю освітлення, які описано у документах.

Виконано огляд системи контролю та керування освітленням, як систему-аналог. Описано загальну концепцію пристрою, його технічні можливості та цільове призначення. Сформовано перелік функціональних переваг які надає система-аналог, а також ряд обмежень які можуть виникати у міру особливостей використання. Також сформовано загальну мету та обґрунтовано актуальність обраної теми. Сформовано перелік задач для виконання.

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА ПРИНЦИПУ РОБОТИ СИСТЕМИ. СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ

2.1. Опис функціональних можливостей системи

Автоматизована система керування освітленням (АСКО) призначена для підвищення енергоефективності, поліпшення умов середовища шляхом реалізації адаптивного управління. Для того, щоб система могла реалізувати свій потенціал повноцінно, варто визначити вичерпний перелік ключових функціональних можливостей. На основі даного переліку буде виконуватися підбір відповідних датчиків та модулів у наступних частинах роботи.

Відповідно, АСКО повинна забезпечити низку функцій, а саме:

1) визначення рівня освітленості – ця функція є основною для реалізації задачі керування системою освітлення. Її реалізація передбачає наявність відповідного модуля – датчика рівня світла. Таких модулів у системі повинно бути декілька у різних місцях приміщення, і розташовуватися таким чином, щоб охопити максимальну площу для аналізу змін;

2) функція виявлення присутності у приміщенні – система повинна враховувати факт перебування людини в приміщенні для того, щоб повноцінно забезпечити автоматичне керування системою. Дана функція реалізується за допомогою використання спеціального датчика – детектора руху. Таких детекторів також необхідно декілька, і вони повинні розташовуватися таким чином, щоб охоплювати максимальну площу і уникати сліпих зон. Також важливо враховувати що людина може бути нерухомою, що також буде спричиняти незручності, а тому варто програмно задавати функцію автоматичного вимкнення у певний період часу тощо;

3) функція визначення часу – дана функція призначена для того, щоб система могла виконувати адаптивне керування враховуючи не тільки фактор фактичного рівня освітленості а і годину дня, щоб алгоритм міг точніше

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

налаштовувати рівень яскравості. Дана функція реалізується за допомогою модуля годинника реального часу;

4) функція адаптивного керування рівнем яскравості – на основі даних датчика щодо фактичного рівня освітленості та даних про годину дня та сезон, система повинна виконувати адаптивне керування рівнем яскравості, і таким чином забезпечується основне призначення системи. Функція динамічного рівня яскравості може бути реалізована використовуючи світлодіодні лампи, які здатні змінювати яскравість використовуючи ШІМ-сигнал;

5) функція визначення шуму – для кращої роботи системи виявлення людей у приміщенні можна додатково використовувати модуль шуму або виявлення звуків, таким чином система буде мати додатковий фактор для врахування у процесі динамічного керування світлом. Також дану функцію можна використовувати у якості звукового вимикача чи вмикача світла;

6) функція централізованого управління – у будь-якій системі є наявний блок центральної системи, яка виконує загальні задачі управління, обробки даних, формування команд та забезпечує взаємодію з користувачем. До цієї системи підключаються датчики, або дротовим методом, що не є доречним у контексті цієї задачі, або використовуючи засоби дистанційного зв'язку;

7) функція віддаленого керування – система повинна передбачати можливість отримання команд від користувача ззовні, або навпаки користувач повинен отримувати дані про стан роботи системи віддалено. Ця функція забезпечує зручність для користувача та є складовою більшості сучасних автоматизованих систем керування будь-якими параметрами у приміщенні;

8) система введення та виведення інформації – необхідно, щоб у архітектурі було передбачено засоби введення та виведення інформації, окрім передачі даних через додаток. Блок введення та виведення інформації зазвичай інтегрований у систему центральної обчислювальної системи у вигляді екрана, та кнопок, або використовує сенсорний метод замість кнопок;

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9) функція інтеграції з зовнішніми системами розумного будинку – можна передбачити можливість інтеграції у більш глобальну систему у вигляді спеціалізованої підсистеми зі своїм власним алгоритмом управління забезпечуючи синхронізацію з обчислювальною системою розумного будинку. Таким чином можна забезпечити можливість масштабування.

У програмному контексті система повинна мати можливість реалізувати ряд наступних функцій:

1) надання аналітичної інформації про стан параметрів – система повинна мати алгоритм обробки даних з датчиків та формувати відповідну статистику змін певну кількість ітерацій на проміжок часу. Така функція забезпечить можливість подальшої аналітики, побудови графіків змін, аналіз реакції системи на зміни середовища тощо;

2) надання інформації щодо стану роботи – система повинна мати функцію, яка забезпечить отримання та передачу даних про стан своїх блоків чи підсистем, наявність помилок, несправності тощо;

3) обмеження доступу – система повинна забезпечити можливість отримання даних та керування обмеженому колу людей, наприклад використовуючи пароль допуску;

4) аварійний режим роботи – система повинна передбачати можливість виникнення виключних ситуацій та мати відповідний програмний обробник, що дозволить уникнути зависання системи і забезпечить функціонування інших частин незалежно від проблемного модуля;

5) функція ручного управління – алгоритм повинен передбачати як автономний режим роботи, так і режим ручного керування. Така функція дозволить користувачу самостійно задавати параметри роботи або керувати окремими складовими елементами системи.

Всі ці функції надають можливість забезпечити повноцінний алгоритм автоматизованого управління системою освітлення, а також створює середовище для подальшого масштабування.

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також система повинна мати у своєму складі перелік виконавчих механізмів:

1) керовані світлодіодні лампи або стрічки – надають можливість адаптивно змінювати рівень яскравості використовуючи ШІМ-сигнал;

2) релейні модулі або перемикачі – необхідні для реалізації функції вмикання та вимикання ламп, блоків живлення або контролю побутових освітлювальних пристроїв;

3) двигуни або сервоприводи – реалізують функцію фізичного керування жалюзі чи шторами, що може бути корисним у задачах зміни рівня природнього світла в приміщенні, наприклад у занадто сонячний день тощо.

Для виконання обміну даними на відстані система повинна мати у своєму складі один, або декілька, з наступних модулів:

1) модуль Wi-Fi зв'язку – для дистанційного керування в приміщенні, обміну даними між хмарними платформами тощо. Є досить зручним і поширеним методом, так як забезпечує кращий досвід користування, зручність та функціональність;

2) Bluetooth-модуль – застосовуються для локального керування через спеціальний додаток на смартфоні. Є менш поширеним методом у зв'язку з обмеженими можливостями у задачі дистанційної передачі даних;

3) ZigBee – поширений спосіб передачі даних, найбільше застосовується у системах розумного будинку;

4) радіо-модулі – здатні забезпечити дистанційну передачу даних та команд але дуже обмежені у функціоналі що пов'язано з тим, що передача виконується через радіо-сигнал і відповідно необхідно мати приймач такого сигналу.

Описаний перелік функціональних можливостей здатний забезпечити повноцінну функціональність системи та надає перспективи для подальших модифікацій та інтеграцій.

					<i>ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Опис принципу роботи системи контролю та керування освітлення. Розробка структурної схеми системи

У цій частині буде розроблено структурну схему АСКО, яка призначена для того, щоб відобразити ключові елементи та зв'язки між ними на основі визначених раніше ключових блоків, модулів та інтерфейсів і таким чином описати загальну структуру системи. Схему зображено на рис. 2.1.

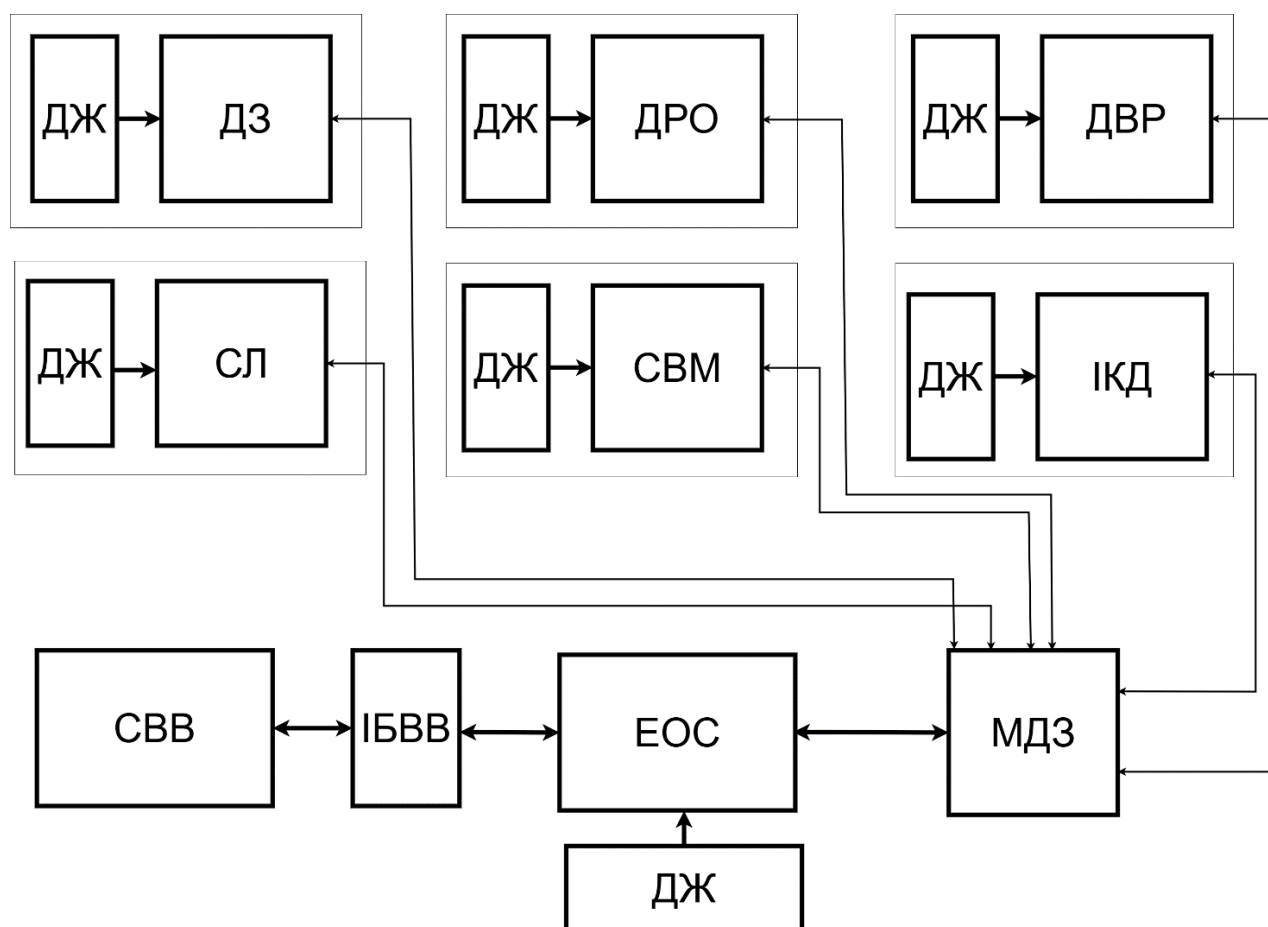


Рисунок 2.1. Структурна схема АСКО

Система складається з сукупності блоків, які відображають певну підсистему, модуль, датчик, а також лінії зв'язку, які є однонаправленими, тобто передача виконується в одну сторону, так і двонаправленими що вказує на передачу даних в обидві сторони.

Для початку розглянемо принцип роботи блоку центральної системи. У якості ядра використовується електронна обчислювальна система (ЕОС), яка є центральним елементом який призначений для забезпечення повної взаємодії між усіма складовими модулями і також обробляє зовнішні дані від користувача.

ЕОС має прямий зв'язок з інтерфейсом блоку введення виведення (ІБВВ) та модулем дистанційного зв'язку (МДЗ).

ІБВВ призначений для утворення уніфікованого інтерфейсу для зовнішнього підключення пристроїв введення та виведення. Використання інтерфейсів дозволяє уникнути необхідності у прямому підключенні пристрою до МК, у свою чергу в архітектурі системи передбачено роз'єм або набір роз'ємів для зовнішнього підключення окремих модулів. Таким чином створюється можливість взаємозамінності складових.

До ІБВВ підключається система введення та виведення (БВВ) даних, у вигляді сенсорного монітора, простого монітора чи дисплея, блоку клавіатури тощо.

МДЗ у свою чергу має двонаправлений зв'язок з ЕОС через який відбувається передача даних від сенсорів та користувача, а також формування вихідних даних для виведення та сигналів керування для виконавчих механізмів.

Блок центральної системи має власне джерело живлення (ДЖ), яке може бути представленим як акумуляторною батареєю, так і бути підключеним до зовнішнього джерела.

Наступним етапом розглянемо незалежні модулі сенсорів та виконавчих механізмів. Відповідно у системі передбачено наступні блоки:

- датчик звуку (ДЗ) для функції керування звуком;
- датчик рівня освітленості (ДРО) для динамічного освітлення;
- датчик виявлення руху (ДВР) для виявлення людини у приміщенні;
- світлодіодна лампа (СЛ) з підтримкою функції зміни рівня яскравості;
- система вимикачів (СВМ) для керування станом ввімкнення та вимкнення світла;

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

- інтерфейс контролю двигунами (ІКД) для підключення двигунів що керують жалюзі тощо.

Кожен з незалежних модулів має мікроконтролер з вбудованим блоком дистанційного зв'язку, а також власне незалежне джерело живлення у вигляду акумуляторної батареї з можливістю заряджання. Така структура системи забезпечує модульність, масштабованість та надійність роботи системи в автономному режимі, а також надає можливість мінімізувати навантаження на центральну обчислювальну систему.

Уся система побудована за модульною структурою, що надає ряд переваг у розширюваності функціоналу, для оновлення окремих блоків або адаптації під специфічні умови користувача без необхідності виконувати зміну загальної архітектури. Наприклад система може бути розширена додаванням інших модулів, таких як датчик температури, аналізатор диму і таким чином утворити інтелектуальну систему розумного будинку.

Принцип дії системи ґрунтується на постійному моніторингу параметрів навколишнього середовища. Відповідно якщо датчик зафіксував присутність людини в кімнаті, а рівень освітленості нижчий за оптимальний поріг, то система вмикає освітлення або збільшує значення яскравості. У разі коли рух у кімнаті певний час відсутній і відсутні звуки, які можуть свідчити про знаходження у приміщення людини, то система вимикає світло для енергозбереження.

2.3. Розробка принципової схеми системи контролю освітлення

У цій частині буде проведено роботу над розробкою принципової схеми АСКО. Принципова схема призначена відповідно для відображення загального принципу роботи системи, яка буде містити послідовність блоків у порядку виконання дії на ОК.

					<i>ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розроблена структурна схема зображена на рис. 2.1.

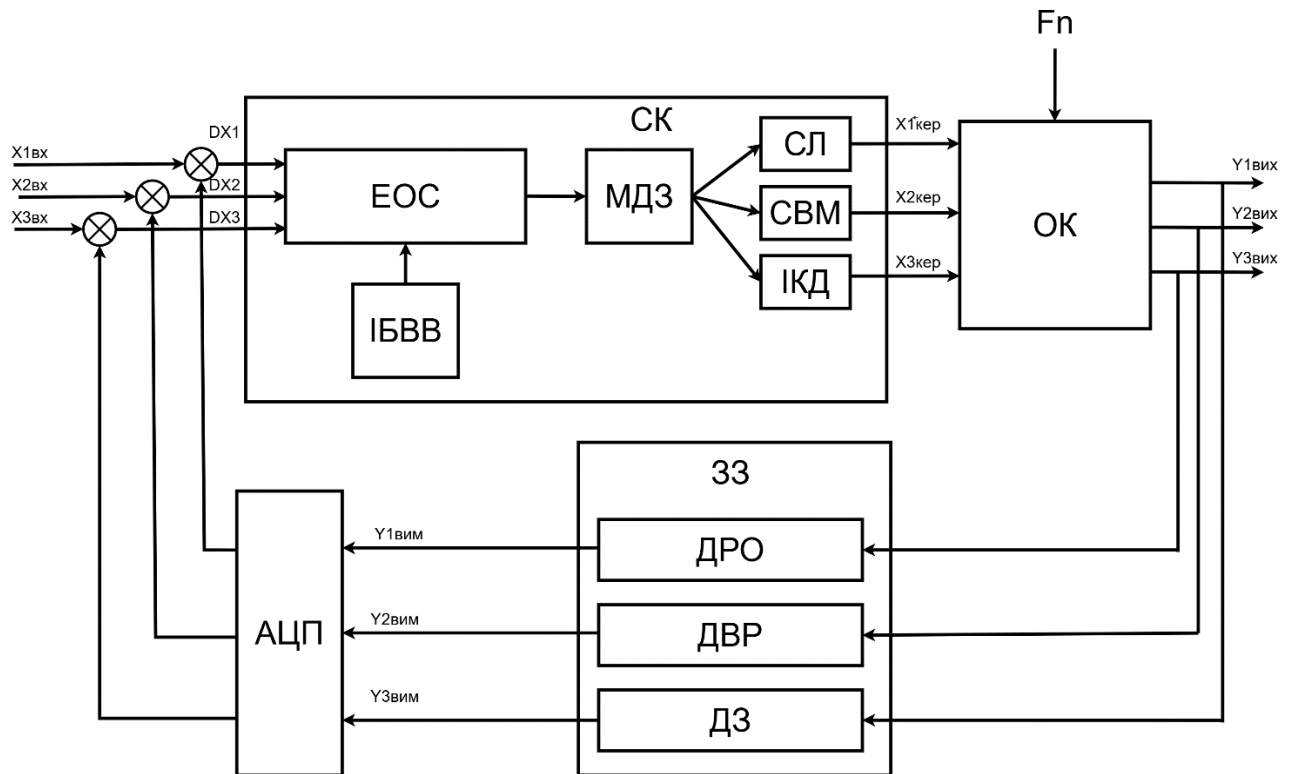


Рисунок 2.2. Принципова схема АСКО

На вхід системи керування (СК) надходить три вхідний параметри, які відображають певні показники $x1_{вх}$, $x2_{вх}$, $x3_{вх}$. Ці показники характеризують задане значення рівня освітленості, граничне значення рухової активності та звукових сигналів які будуть враховуватися системою.

На основі вхідних даних ЕОС формує базові сигнали керування і передає їх через модуль дистанційного зв'язку на блоки СЛ, СВМ ті ІКД, які вже безпосередньо здійснюють вплив на об'єкт керування (ОК), вихідними сигналами є $x1_{кер}$, $x2_{кер}$, $x3_{кер}$, тобто сигнал керування.

У свою чергу на ОК здійснює зовнішній вплив F_n , який являє собою такі показники як зовнішнє освітлення, присутність людей, зовнішній шум тощо. У сукупності під дією зовнішніх впливів та сигналів керування формується певний вихідний показник фактичного стану, а саме $y1_{вих}$, $y2_{вих}$, $y3_{вих}$.

Для того, щоб система мала змогу виконувати автоматизоване керування інтегровано блок зворотного зв'язку (ЗЗ), який для цієї системи складається з ДРО, ДВР та ДЗ. На вхід цих трьох датчиків надходить вихідний фактичний параметр, варто зазначити що це відбувається шляхом зчитування даних датчиками.

На виході кожного датчика формується вихідний необроблений сигнал, у даному випадку це параметр освітленості, шуму та руху, відповідно це $y_{1\text{вим}}$, $y_{2\text{вим}}$, $y_{3\text{вим}}$.

Ці три показники надходять на аналого-цифровий перетворювач (АЦП), призначення якого полягає у перетворенні аналогового сигналу, наприклад світло чи звуку у цифрову форму, яка придатна для подальшої обробки на боці обчислювальної системи.

Виміряні значення після АЦП надходять на суматор, роль якого – це визначити різницю між заданим значенням та фактичним, і ця різниця DX_1 , DX_2 та DX_3 надходить на вхід ЕОС, для того щоб виконати дії щодо корекції і сформувати відповідні сигнали керування. Після чого цей алгоритм працює у циклі в режимі реального часу.

Таким чином, розроблена структура АСКО реалізує принцип автоматичного регулювання освітлення на основі порівняння заданих значень та фактичних параметрів середовища. Завдяки використанню ЗЗ система забезпечує динамічне реагування на зміни зовнішніх умов і дозволяє забезпечити необхідний рівень комфорту без прямого втручання з боку користувача системи.

Особливістю такої структури є замкнене керування, яке включає модулі вимірювання, обробки та здійснення впливу, об'єднані у єдиний контур, що в свою чергу забезпечує високу швидкість реакції на зміни, та високу точність регулювання, адаптивність до змін та енергоефективність, що є важливим критерієм сучасних систем керування чи контролю.

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4. Висновки розділу 2

У другому розділу було виконано розробку концепції автоматизованої системи керування освітленням, яка об'єднує у собі сучасні підходи та методи до адаптивного управління та регулювання, енергоефективність та інтеграцію у систему інтелектуального контролю.

Було сформовано перелік функціональних можливостей системи, що включає автоматичне визначення рівня освітленості, присутності людей, врахування часу доби, адаптивне керування яскравістю системи освітлення, технології бездротового зв'язку та можливість інтеграції з зовнішніми системами розумного будинку.

Також було розроблено принципову схему системи, яка включає взаємодію сенсорів та виконавчих пристроїв з обчислювальною системою для отримання даних щодо стану навколишнього середовища та здійснення впливу для корекції параметрів. Схема відображає логіку взаємодії між блоками, яка надає можливість реалізувати як автономний так і ручний режим роботи.

Частину розділу було присвячено розробці структурної схеми, яка відображає повну структуру системи, порядок взаємодії, вхідні та вихідні сигнали. Було надано детальний опис роботи системи у послідовності від задання вхідних параметрів, і до отримання, обробки та порівняння фактичних значень в автоматичному режимі.

Розроблені схеми та описані функціональні можливості є основою для подальшого вибору складових компонентів системи та розробки програмного алгоритму роботи.

3. РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ СКЛАДОВОЇ СИСТЕМИ. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

3.1. Обґрунтування вибору обчислювального пристрою системи

Вибір обчислювальної системи є досить важливим етапом, так як цей вибір буде впливати на такі параметри системи як: швидкість виконання команд; кількість доступних портів та інтерфейсів для підключення зовнішніх модулів, обмеження постійної та оперативної пам'яті тощо.

Зазвичай у ролі ЕОС використовується мінікомп'ютер або мікроконтролер. У контексті даної задачі буде виконуватися вибір між доступними мікроконтролерами, так як вони надають більш широкі можливості для апаратної взаємодії при цьому є значено менше енергозатратними та мають маленькі розміри, що дозволяє їх інтегрувати у модулі які працюють повністю автономно протягом тривалого часу.

Мікроконтролери набули широкого розповсюдження при розробці вбудованих систем та характеризуються широкими можливостями щодо інтеграції у системи різних типів. Складність таких систем варіюється від простих, де мікроконтролер виконує лише одну функцію, до систем та пристроїв високої складності, де інтерфейси та внутрішні ресурси мікроконтролерів використовуються максимально ефективно [10].

Варто зазначити що мікроконтролери можуть мати [10-13] різну архітектуру, розрядність, робочу частоту, логічні рівні, обсяг оперативної пам'яті та пам'яті програм, мати різноманітний набір портів, перелік інтерфейсів тощо.

Зручним варіантом для побудови системи буде використання не просто мікроконтролера, а платформи розробки, яка вже включає у собі необхідний МК та електронні компоненти без необхідності додаткового проектування плати. Це

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у свою чергу мінімізує часові затрати на розробку і спрощує вибір центральної обчислювальної системи.

Першою платформою для розробки буде розглянуто ESP32 (див. рис. 3.1), який характеризується тим, що має вбудований Wi-Fi-модуль.



Рисунок 3.1. Платформа розробки ESP32 [14]

Дана платформа, включно з мікроконтролером, має ряд наступних характеристик [14]:

- двоядерний процесор;
- робоча частота ядра 240 МГц;
- напруга живлення: 5В;
- максимальний струм стабілізатора напруги: 800 мА;
- підтримка Wi-Fi стандартів: FCC / CE / IC / TELEC / KCC / SRRC / NCC;
- протоколи: 802.11 b / g / n / d / e / i / k / r (802.11n до 150 Мбіт / с);
- частотний діапазон: 2,4 ~ 2,5 ГГц;
- підтримка Bluetooth протоколів: Bluetooth v4.2 BR / EDR і BLE specification;

- радіо NZIF з чутливістю: -98 дБм;
- вбудовані апаратні засоби та інтерфейси: SD, UART, SPI, SDIO, I²C, LED PWM, Motor PWM, I²S, I²C, IR GPIO, сенсорний датчик, ADC, DAC;
- інтегровані датчики: датчик Холла, температурний датчик;
- генератори: кварцовий 26 МГц і 32 кГц;
- живлення мікромодуля: від 2,2 до 3,6В;
- робочий струм, середній: 80 мА;
- робочий струм пікової 500 мА;
- діапазон робочих температур: від -40 до +85 °С;
- мережеві протоколи: IPv4, IPv6, SSL, TCP / UDP / HTTP / FTP / MQTT;
- призначені для користувача налаштування: AT instruction set, cloud server, Android / iOS App.

Даний варіант є хорошим вибором для IoT-систем. IoT являє собою концепцію, згідно якої фізичні пристрої мають засоби з'єднання з мережею Інтернет та здатні виконувати збір, передачу та обмін даними з іншими пристроями у структурі або з сервером без участі людини. Такими пристроями можуть бути датчики, побутові пристрої тощо.

IoT характеризується такими показниками як:

- автономність пристроїв;
- поєднання з мережею;
- обробка та передача даних в реальному часі або з певною періодичністю;
- низьке енергоспоживання.

ESP32 оптимальний вибір для такого типу систем, так як є високпродуктивною платформою і забезпечує набір інтегрованих рішень для з'єднанні з мережею.

Наступна потужна платформа для розробки, яка розглядається у якості обчислювальної системи це STM32. Це популярна лінійка яка використовує МК побудовані за архітектурою ARM, і пропонують великий вибір платформ для різних задач, починаючи від малогабаритних пристроїв з мінімальним

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергоспоживанням і закінчуючи високопотужними обчислювальними системами з великим обсягом пам'яті, високою частотою та широким набором периферійних пристроїв (див. рис. 3.2).

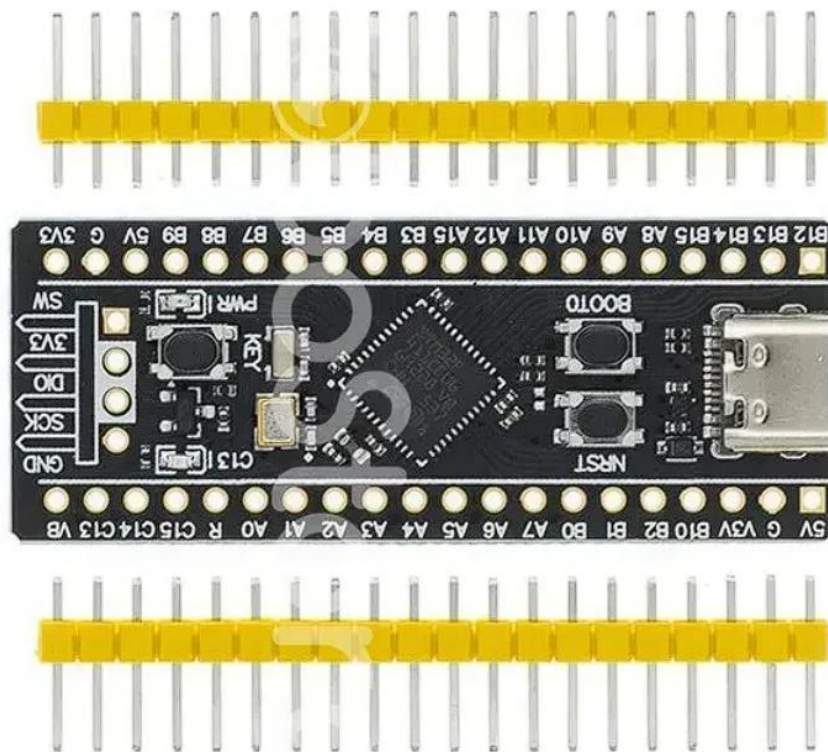


Рисунок 3.2. Платформа розробки STM32 [14]

Варіант платформи для АСКО, що зображений на рис. 3.2, володіє наступними характеристиками [14]:

- мікроконтролер: STM32F411CEU6;
- ядро: ARM Cortex-M4;
- тактова частота ядра: 100 МГц;
- показник продуктивності: 125 DMIPS;
- блок обчислювача з плаваючою точкою: присутній;
- об'єм пам'яті програм: 512 Кбайт;
- об'єм оперативної пам'яті: 128 КБ;
- кількість доступних контактів GPIO: 36;

- додаткові можливості: 11 таймерів + RTC, 3xUART, 5xSPI, 2xI2S, 1xSDIO;
- АЦП 12-біт: 2,4 MSPS;
- напруга живлення: від 1,7В до 3,6В.

Платформи сімейства STM є найпоширенішими в більшості автоматизованих системах, вбудованих системах, побутових пристроях, техніці, включно з високоточною технікою. Для поставленої задачі дана платформа також має значні переваги, але у порівнянні з ESP32 не має вбудованого набору модулів дистанційного зв'язку, що вимагає інтеграції додаткового модуля і його подальше налаштування.

Наступним варіантом для вибору ЕОС є платформа від Raspberry Pi, яка побудована на мікроконтролері RP2040, що використовує у своїй структурі два ядра Cortex M0+ (див. рис 3.3).



Рисунок 3.3. Платформа розробки RP Pico [14]

Дана платформа існує у двох ключових модифікаціях, саме RP Pico H та RP Pico W, яка має інтегрований Wi-Fi модуль.

Плата RP Pico має ряд наступних технічних характеристик [14]:

- мікроконтролер: двоядерний ARM Cortex-M0+;

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

- робоча частота ядра: до 133 МГц;
- обсяг пам'ять програм: 2 МБ SPI Flash;
- обсяг оперативної пам'яті: 264 Кб SRAM;
- 26 GPIO пінів загального призначення, частина пінів підтримує ШІМ;
- підтримка вбудованих інтерфейсів: I2C, SPI, UART;
- АЦП: 3 канали 12 біт;
- напруга живлення: від 1,8 до 5,5В;
- діапазон робочих температур: від -20 до +85 °С.

Цей варіант є хорошим вибором коли існує потреба у швидкості розробки і підтримки екосистеми Raspberry Pi. Але у порівнянні з ESP32 вона має нижчі показники продуктивності і швидкодії, та не є повністю адаптованою для систем за концепцією IoT.

З огляду на описані характеристики платформ можна зробити висновок, що найоптимальнішим варіантом для побудови інфраструктури автоматизованої системи керування освітленням у приміщенні є ESP32.

3.2. Обґрунтування вибору апаратних складових системи

3.2.1. Огляд та вибір датчиків системи

У цій частині буде виконано вибір апаратних складових, які будуть утворювати системи вимірювання показників параметрів, реалізовувати керування виконавчими елементами, забезпечувати стабільне живлення та за потреби заряджання акумуляторів та вводити і відтворювати інформацію для користувача.

Для початку буде виконано огляд наявних датчиків для виконання безпосередньо цільової функцій. Першим варіантом буде розглянуто цифровий датчик рівня освітленості GY-302 (див. рис. 3.4).

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Даний датчик здатний забезпечити оптимальну точність вимірювання рівня освітленості в Лк, підключається та взаємодіє з електронною обчислювальною системою через інтерфейс I2C, що в свою чергу спрощує налаштування та подальше зчитування показань даних.

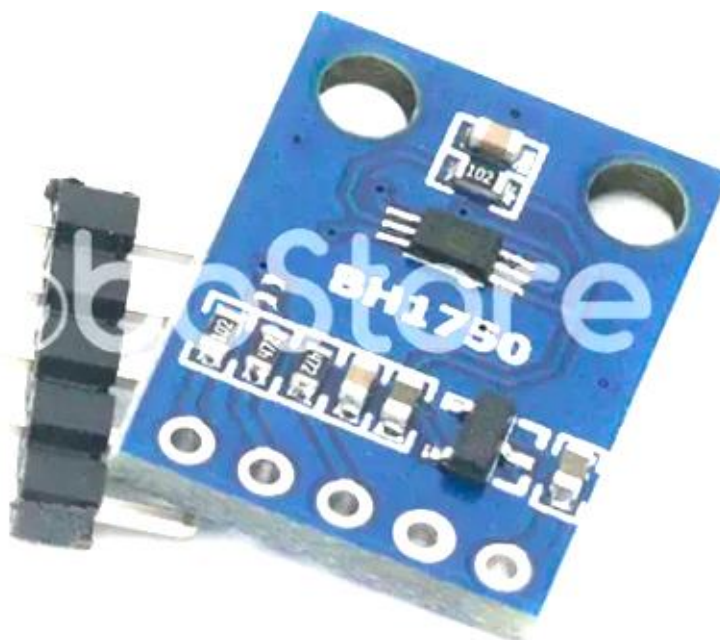


Рисунок 3.4. Датчик освітленості цифровий GY-302 (BH1750) [14]

Основні технічні параметри датчика мають наступні характеристики та опис [14]:

- діапазон значень вимірювання освітленості: від 1 до 65535 Лк;
- роздільна здатність датчика: 1 Лк;
- інтерфейс передачі даних: I2C;
- напруга живлення: від 3,0 до 5,0В;
- струм споживання в активному режимі: до 1 мА;
- діапазон робочих температур: від -40 до +85 °С.

Архітектура системи передбачає наявність окремих, енергонезалежних модулів, які будуть розташовані в декількох місцях кімнати і після виконання вимірювання надсилати через бездротовий зв'язок поточні дані. Тому параметр

низького споживання струму є досить важливим, а оптимальний показник роздільної здатності дозволить фіксувати найменші зміни в освітленні.

Наступним датчиком на розгляд для системи вимірювання рівня освітленості це ТЕМТ6000 (див. рис. 3.5). Зазначається [15], що цей датчик зданий вимірювати освітленість з чутливістю, яка наближена до характеристик людського ока. Датчик має аналоговий вихід.

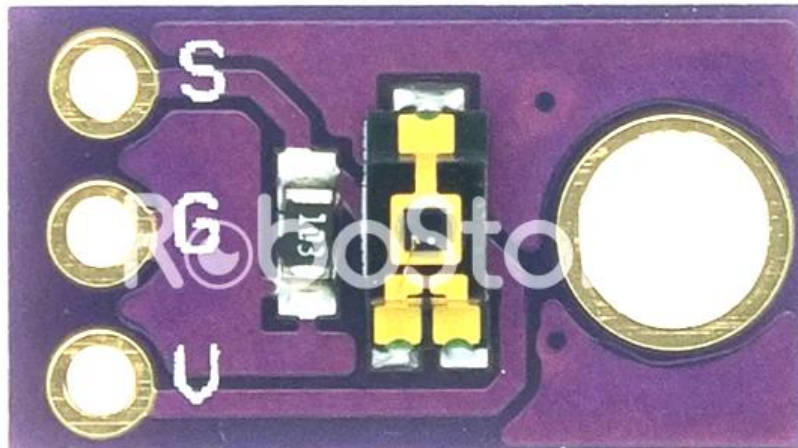


Рисунок 3.5. Датчик освітленості ТЕМТ6000 [14]

Має наступні технічні характеристики [15]:

- тип датчика: фототранзистор ТЕМТ6000;
- напруга живлення: 5В;
- довжина хвилі максимальної чутливості: 570 нм;
- діапазон спектральної чутливості: 360нм - 970 нм;
- значення максимального струму колектора: 20 мА;
- значення максимальної напруги колектор-емітер: 6В;
- струм колектора у затемненому стані: від 3 до 50 нА;
- струм колектора під дією світла: 20 Лк - 10 мкА; 100 Лк - 50 мкА.

Даний датчик має простішу структуру та принцип роботи ніж попередній, так як представляє собою фототранзистор і відповідно зчитування даних виконується шляхом підключення аналогового виходу датчика до одного з доступних аналогових входів ЕОС.

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Наступний варіант датчика – це звичайний модуль фоторезистора (див. рис. 3.6), який також як і попередній датчик є аналоговим і підключається до аналогового входу ЕОС.



Рисунок 3.6. Модуль з фоторезистором аналого-цифровий [14]

Цей модуль згідно опису [15], є датчиком світла з пороговим компаратором. Відповідно поріг спрацьовування компаратора регулюється змінним резистором. У разі коли датчик у тіні, то на виході встановлюється напруга логічної 1 та індикаторний світлодіод знаходиться у вимкненому стані, а під дією світла і при спрацьовуванні компаратора на виході встановлюється логічний 0 та вмикається індикаторний світлодіод. У якості компаратора використаний LM393.

Модуль фоторезистора володіє рядом наступних характеристик [15]:

- чутливий елемент: фоторезистор;
- вихід компаратора більш ніж 15 мА;
- регулювання порогу чутливості: за допомогою змінного резистора;
- діапазон робочої напруги: від 3.3В до 5В;
- цифровий вихід компаратора (0 та 1).

З огляду на функціональність датчика, його технічні характеристики та можливості вимірювання, даний датчик не може бути застосований у системі керування освітленням, так як не забезпечує необхідних умов точності.

Для того щоб система мала здатність виявляти рух у приміщенні необхідно використовувати спеціальні датчики руху, наприклад інфрачервоний датчик HC-SR501 (див. рис. 3.7).



Рисунок 3.7. Інфрачервоний датчик руху HC-SR501 [14]

Згідно опису [15] датчик дозволяє виявляти рух людини або домашньої тварини на відстані до 7 метрів. Має можливість регулювання значення відстані. Керується одним цифровим контактом. У випадку, коли перешкоди відсутні - на виході буде отримано високий рівень напруги (3,3В), якщо є - то низький (0В).

Також зазначається, якщо перемичка встановлена в положення Н, то на виході буде високий рівень весь час, поки датчик буде вловлювати рух, якщо в стан L, то стан виходу буде переключатися з високого на низький і назад приблизно раз в секунду [15].

HC-SR501 має наступні характеристики:

- дистанція реагування: від 0 до 7 м;
- кут спрацьовування: 110° на дистанції до 7 м;

- напруга живлення (рекомендована): від 4,5 до 12 В;
- вихідна напруга логічного рівня: від 0 до 3,3 В;
- час затримки: від 0,3 - 300 секунд (задається регулюванням);
- струм споживання: 65 мА;
- діапазон робочої температури: від -20 до +50 °С.

Даний датчик може бути оптимальним та не складним рішенням для блоку системи керування освітленням, так як забезпечує необхідний функціонал та має оптимальні технічні характеристики.

Альтернативним варіантом є датчик руху HC-SR505 міні (див. рис. 3.8).



Рисунок 3.8. Модуль інфрачервоного датчик руху HC-SR505 міні [14]

Мініатюрний модуль датчика руху HC-SR505 може застосовуватися в світильниках для автоматичного включення світла, в охоронних пристроях або іншій автоматичності [15].

Цей PIR-сенсор має пасивний принцип роботи і реагує на рух людини, таким чином, що на виході модуля при кожному спрацьовуванні з'являється імпульс високого рівня тривалістю 8 секунд [15].

Технічні характеристики HC-SR505 [15]:

- напруга живлення: 4,5 В - 20В;
- струм споживання: < 60 мА;
- напруга на виході: 3.3V TTL логіка;
- дистанція виявлення: 3 м;
- кут виявлення: 80 - 100°;

- тривалість імпульсу при виявленні руху: 8 - 12 с;
- діапазон робочої температури: від -20 до +80 °С.

Даний датчик має досить обмежений радіус спрацювання, тому буде корисним тільки у системах, які використовуються у приміщеннях не великих розмірів, наприклад у якості системи вмикання світла в розумній лампі.

Наступний датчик для розгляду це - датчик присутності людини HLK-LD2450 (див. рис. 3.9).



Рисунок 3.9. Датчик присутності людини HLK-LD2450 [14]

Даний датчик працює на мікрохвильовому принципі, що дозволяє виявляти рухи. На чіпі модуля S5KM312CL реалізовано радіочастотну частину, інтегрований монолітний однокристальний датчик міліметрового діапазону. Радіочастотна та аналогова системи датчика включають передавач та приймач. Регулювання посилення застосовується до передавача та приймача для налаштування загальної ширини каналу [16].

Датчик працює як FMCW радар і може виявляти людей, рухомі та нерухомі об'єкти, розраховувати відстань. Інтерфейс для налаштування - UART

та вихід GPIO, стан якого змінюється при виявленні відповідно до налаштувань чутливості. Логічні рівні UART та GPIO 3,3 В [16].

Цей датчик може бути застосований для систем увімкнення освітлення, інформаційних панелей, сигналізації тощо [16];

Нижче описано перелік технічних характеристик датчика [16]:

- напруга живлення: 5В;
- струм споживання: 80 мА;
- робоча частота: 24 ГГц;
- дистанція виявлення: до 6м;
- кут виявлення: $\pm 60^\circ$;
- інтерфейс підключення: UART, GPIO;
- діапазон робочої температури: від -40 до +85 °С.

Наступним складовим елементом є датчик звуку, і першим варіантом для системи є KY-038 (див. рис. 3.10).

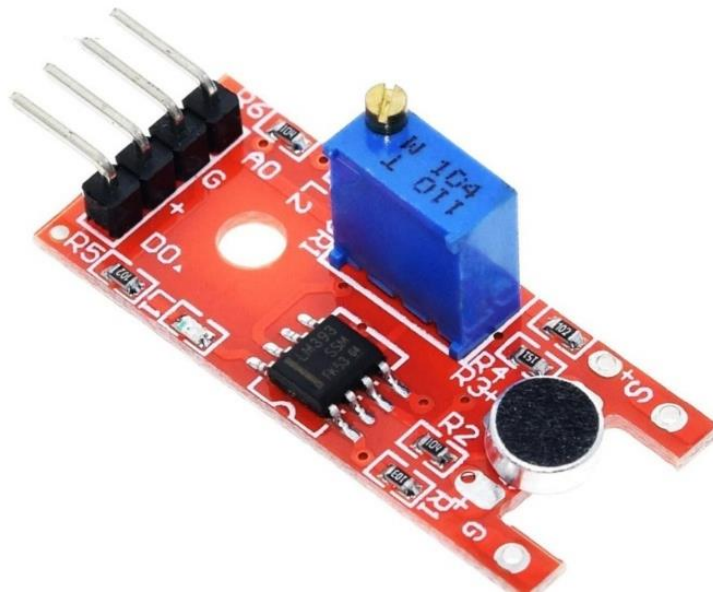


Рисунок 3.10. Датчик звуку KY-038 [14]

Даний датчик отримав широке поширення у різноманітних проєктах, включно з системами розумного будинку, системах безпеки тощо.

КУ-038 працює наступним чином, коли виникають звукові коливання і мікрофон їх вловлює, то у якості реакції він генерує аналоговий сигнал, що передається на компаратор, який у свою чергу порівнює значення з пороговим, який у свою чергу встановлюється потенціометром. Зазвичай це порогове значення необхідне задля запобігання вловлювання зайвих звуків чи шуму.

Відповідно якщо сигнал перевищує заданий поріг, то на цифровому виході подається сигнал високого рівня, що і використовується електронною обчислювальною системою для активації різних програмних функцій.

До основних характеристик датчика КУ-038, можна віднести:

- мікрофон: електричний конденсаторний, чутливий до звукових коливань;
- регулювання порогу чутливості;
- напруга живлення: від 3,3 до 5В;
- має цифровий вихід для підключення до МК.

Даний модуль хоч і є поширеним, але може бути не самим оптимальним рішенням для реалізації задачі.

Наступним буде розглянуто датчик звуку з вбудованим підсилювачем MAX9814 (див. рис. 3.11). Цей датчик являє собою сучасне рішення з вбудованою можливістю регулювання коефіцієнта посилення.

Даний підхід до будови датчика дозволяє [15] пригнічувати шуми та інші фонові звуки, які не мають корисної складової для системи. Даний підсилювач може бути застосований у задачах запису або виявлення звуку в умовах змінного рівня гучності.

Мікросхема MAX9814 передбачає можливість виконання деяких налаштувань, що виконується за допомогою перемичок. Максимальне значення посилення за замовчуванням становить 60 дБ, але його можна встановити на 40 дБ або 50 дБ, перемістивши контакт регулювання посилення на VCC або на землю [15].

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідна напруга даного підсилювача становить орієнтовно 2В постійного струму при зміщенні постійного струму 1,25 В, тому його можна використовувати з будь-яким аналого-цифровим перетворювачем з входом до 3,3 В [15].

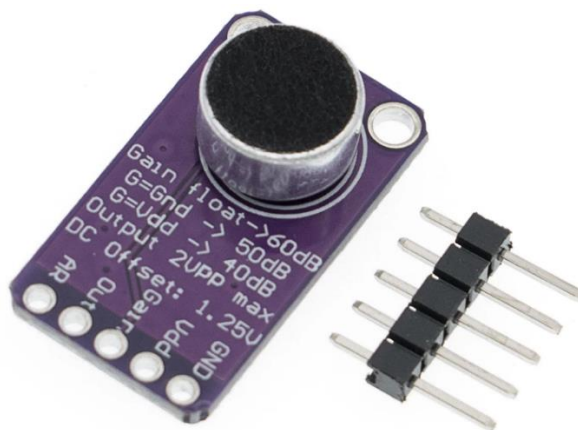


Рисунок 3.11. Модуль датчика звуку з підсилювачем MAX9814 [14]

Даний датчик звуку з підсилювачем володіє рядом наступних характеристик [15]:

- робоча напруга живлення: від 2,7 до 5,5 В при струмі 3 мА;
- вихід: 2V_{pp} при зміщенні 1,25В;
- частотна характеристика: 20 Гц - 20 кГц;
- автоматичне посилення, обирається максимум із 40дБ, 50дБ або 60дБ;
- низька вхідна густина шуму 30 нВ/Гц;
- низький THD: 0,04% (тип);

3.2.2. Огляд та вибір драйвера виконавчого механізму

Наступним етапом розглянемо драйвери виконавчих механізмів (ВМ), у даному випадку – драйвери моторів. Драйвер – це спеціальний електронний пристрій, який призначений для забезпечення керування певним елементом, і також забезпечує інтерфейс для підключення ВМ без зміни конфігурації самої

системи. Драйвери призначені для того, щоб забезпечити максимально ефективне керування без навантаження на центральне ядро.

Першим варіантом розглядається драйвер двигунів на базі чіпа L298 (див. рис. 3.12), який передбачає можливість керування двома моторами або одним кроковим двофазним двигуном. Здатний підтримувати взаємодію з МК з напругою логічних рівнів 3,3В. Відповідно, живлення керування для моторів становить від 5 до 35В, сила струму 2А на міст [15].



Рисунок 3.12. Модуль драйвер двигунів L298N [14]

На платі драйвера знаходиться перемичка "5V enable", яка слугує перемикачем для вибору джерела живлення мікросхеми L298. На самому модулі передбачено стабілізатор живлення, який обмежує вхідну напругу до 5В і після подає живлення на мікросхему. Стабілізатор напруги, як і будь який інших силовий модуль, може нагріватися під дією більш високої напруги, що може призводити до проблем і як наслідок потребує наявності елемента пасивного охолодження [14].

Зазначається [14], що якщо використовуються мотори, які потребують напруги вище 12В, то необхідно дану перемичку зняти і подати на вхід живлення 5В для мікросхеми. У тому випадку коли живлення двигунів 12В та нижче, то перемичка навпаки встановлюється.

У загальному даний драйвер має наступні характеристики [14]:

- драйвер побудований на мікросхемі L298N;
- значення напруги живлення вбудованої логіки: 5В;
- струм споживання вбудованої логіки: від 0 до 36мА;
- значення напруги живлення драйвера: від 5 до 35В (максимально 46В);
- робочий струм драйвера: 2А (піковий струм 3А);
- максимальний показник споживання енергії: 25 Вт;
- діапазон робочої температури: від -20 до +135 °С.

Також варто описати перелік та призначення контактів драйвера, що необхідно врахувати під час розробки електричної принципової схеми:

- підключення зовнішнього живлення двигунів Vcc;
- живлення логіки +5В;
- GND - загальний;
- IN1, IN2, IN3, IN4 - контакти керування двигунами;
- OUT1, OUT2 - вихід першого двигуна;
- OUT3, OUT4 - вихід другого двигуна.

Наступним альтернативним драйвером двигунів для огляду обрано драйвер на мікросхемі TB6612FNG (див. рис. 3.13). Даний модуль забезпечує керування двома колекторними двигунами.



Рисунок 3.13. Драйвер двигунів двоканальний TB6612FNG [14]

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Згідно опису [15], цей драйвер підтримує наступні режими роботи: вперед; назад; гальмування; зупинка. Процес регулювання швидкості обертання кожного з двигунів реалізовано за допомогою ШІМ-сигналу з максимальною частотою 100 кГц. Додатково, передбачено вхід переведення драйвера у режим очікування шляхом подачі низького рівня напруги на вхід STBY.

Зазначається що драйвер підтримується як МК з 5-ти вольтовою логікою, так із 3,3 вольтовою, що робить його застосування універсальним.

Драйвер має наступні характеристики:

- мікросхема драйвера: TB6612FNG;
- робоча напруга живлення двигунів: 13,5В;
- мінімальна напруга живлення двигунів: 2,5В;
- максимальна напруга живлення двигунів: 15В;
- діапазон робочої напруги логічної частини: від 2,7В до 5,5В;
- максимальний струм двигунів: 1,2 А середній та 3,2А піковий;
- максимальна частота керування: 100кГц.

3.2.3. Огляд та вибір пристроїв введення/виведення інформації

У якості системи введення виведення може бути використано дисплей з тачскріном, або дисплей з модулем клавіатури. У цій частині буде виконано огляд пристроїв, які можуть бути застосовані для реалізації цього блоку.

Першим варіантом є SPI TFT дисплей з роздільною здатністю 240x320 (див. рис. 3.14). Дисплей побудований на контролері ILI9341 з резистивною сенсорною панеллю та контролером ХРТ2046 [15].

Використання послідовного SPI інтерфейсу надає можливість підключити його до будь-якого МК, який має підтримку даного інтерфейсу. Перевагою такого підключення є швидкість передачі даних, що у поєднанні з високопродуктивною обчислювальною системою дозволить забезпечити швидке оновлення інформації та швидку реакцію на дії користувача.

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно технічного опису [15] на платі дисплея розміщений SD інтерфейс, який надає можливість використовувати SD-картку у якості зовнішнього накопичувача, зокрема для зберігання значного обсягу графічних даних. Важливо враховувати що існує обмеження на об'єм накопичувача, який здатна підтримувати цифрова платформа, зазвичай це значення до 16 чи 32 Гб, але може бути і менше в залежності від обраної платформи.

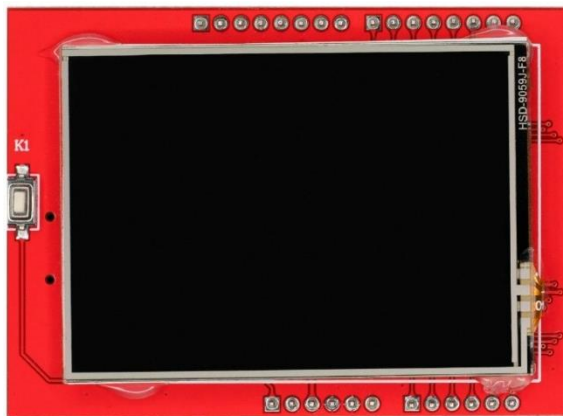


Рисунок 3.14. LCD TFT сенсорний дисплей 2.4" [14]

На платі дисплея розміщено стабілізатор напруги, тому він може підключатися як до джерела живлення 5В, так і до 3,3В. Але варто зазначити, що для того, щоб використовувати джерело живлення 3,3В необхідно встановити відповідну перемичку на платі.

Дисплей має наступні технічні характеристики [15]:

- тип дисплея: LCD TFT;
- сенсорна панель: наявна;
- тип сенсорної панелі: резистивна;
- розмір дисплея: 2,8``;
- інтерфейс для підключення: послідовний SPI;
- значення напруги логічних рівнів: 3,3 В.
- розміщення пікселів: RGB вертикально;
- контролер дисплея: ILI9341;

- підсвічування: біле світлодіодне;
- кут огляду: 70 градусів;
- глибина кольору: 262K/65K
- роздільна здатність: 240x320;
- напруга живлення: 3.3В та 5В.

Цей дисплей є оптимальним вибором, так як поєднує у собі функції для виведення та введення даних, але є енергозатратнішим що може обмежувати його застосування або вимагати додаткових заходів оптимізації для автономних систем.

Наступним варіантом є дисплей LCD 20x4 на базі адаптера PCF8574A для підтримки керуванням по шині I2C (див. рис. 3.15).

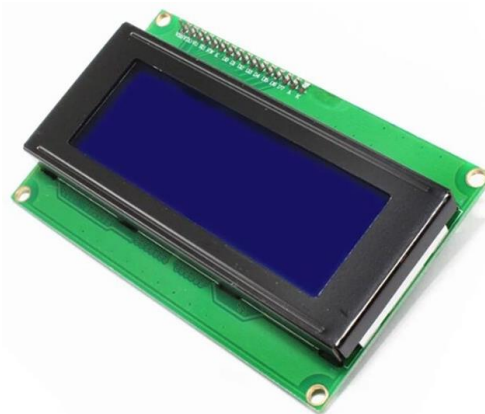


Рисунок 3.15. LCD дисплей з синім підсвічуванням 2004 I2C [14]

Зазначається, що перед початком роботи з ним необхідно виконати регулювання контрастності дисплея за допомогою змінного резистора. Це є необхідним для того, щоб символи могли відображатися коректним чином [15].

Даний дисплей має такі характеристики:

- I2C адреса 0x27 або 0x3f (в залежності від версії I2C адаптера);
- чіп конвертера I2C: PCF8574A;
- кількість символів в рядку: 20;
- кількість рядків: 4;

- підтримка виведення символів кирилиці: відсутня;
- колір фону – синій; колір символів – білий;
- рівень контрасту налаштовується змінним резистором;
- живлення: 5В.

Даний дисплей надає можливість створення простого інтерфейсу користувача для забезпечення функції керування, налаштування та виведення інформації, але для введення даних необхідно додати підтримку клавіатури чи набору кнопок.

3.3. Розробка та опис електричної принципової схеми системи

У розділі описується розроблена електрична принципова схема системи на основі обраних вище складових компонентів (див. рис. 3.16).

Надається за запитом до авторів

Рисунок 3.16. Автоматизована система контролю освітлення. Схема електрична принципова

На схемі відображено п'ять основних модулів, а саме:

- 1) блок управління, або блок користувача - який є центральним елементом що виконує збір даних, керування та взаємодію з користувачем;
- 2) блок модуля датчика рівня світла;
- 3) блок модуля детектора руху;
- 4) блок модуля детектора звуку;
- 5) блок виконавчого механізму керування двигуном.

Кожен з цих блоків варто розглянути окремо. Відповідно першим буде описано блок управління (див. рис. 3.17).

Надається за запитом до авторів

Рисунок 3.17. Блок управління. Схема електрична принципова

Даний блок складається з центрального ядра - ESP32, до якого підключено сенсорний дисплей, що виконує одночасно функції виведення, а також введення даних.

Цей блок є центральним у системі, та передбачає виконання послідовного опитування кожного модуля у складі АСКО. На базі плати ESP32 інтегровано модуль дистанційної передачі даних, тому немає потреби окремо відобразити його на схемі.

Даний блок передбачає автономну роботу, тому у складі наявний модуль заряду, який виконує функцію живлення системи від акумуляторної батареї, а також функцію заряджання акумулятора.

Наступним модулем на розгляд є модуль вимірювання рівня освітлення (див. рис. 3.18).

Надається за запитом до авторів

Рисунок 3.18. Модуль датчика рівня освітлення. Схема електрична принципова

Даний модуль також використовує у якості обчислювальної системи плату ESP32, але основним модулем у системі є датчик рівня освітленості GY-302.

У складі модуля передбачено наявність одного датчика, який живиться від напруги 3,3В. Датчик призначений для виконання передачі даних через інтерфейс I2C, що в свою чергу спрощує загальне підключення та розширення можливостей модуля шляхом додавання до інтерфейсу інших датчиків.

У схемі підключення датчика передбачено наявність двох резисторів на шинах SDA та SCL для забезпечення стабільного режиму передачі даних.

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модуль, як і попередній блок, є автономним та працює використовуючи аналогічний модуль зарядки та елементи джерела живлення. Модуль живлення містить у своєму складі два індикатори, які відображають стан акумулятора та процес заряджання.

Також у складі модуля передбачено наявність одного світлодіоду, який призначений для виконання задачі індикації стану його роботи, режиму, поточного статусу тощо.

Наступний модуль у складі системи це детектор руху у приміщенні (див. рис. 19).

Надається за запитом до авторів

Рисунок 3.19. Модуль детектора руху у приміщенні. Схема електрична принципова

У якості основного елемента детектора використовується датчик руху HC-SR501, який підключається до цифрових портів обчислювальної системи ESP32, та живиться від напруги 5В.

Даний модуль виконує дії щодо виявлення найменших рухів, які можна розцінювати як пересування людини, щоб забезпечити максимальну ефективність роботи АСКО.

Модуль також передбачено для роботи в автономному режимі, тому містить у структурі власний елемент живлення та модуль зарядки.

Також у складі модуля передбачено індикатор, для відображення стану роботи модуля, а також його режимів роботи. Використання індикатора є необхідним, так як дозволяє користувачу візуально виявити несправний модуль у системі, та виконати його заміну.

Наступним елементом системи АСКО є - модуль виявлення звуку у приміщенні для забезпечення функції керування освітленням (див. рис. 3.20)

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Надається за запитом до авторів

Рисунок 3.20. Модуль датчика виявлення звуку. Схема електрична принципова

Датчик побудований на базі звукового модуля з підсилювачем MAX9814, який здатний забезпечити стабільне виявлення звуку та відповідну реакцію системи.

Згідно опису даний датчик є аналоговим, тобто формує аналоговий вихідний сигнал, який необхідно передати на аналоговий вхід на боці МК. У складі МК наявний блок аналого-цифрового перетворювача (АЦП), який забезпечить перетворення вхідного сигналу з модуля звуку у необхідну для подальшої роботи цифрову форму. Блок підсилювача у складі модуля звуку забезпечить оптимальний рівень для аналізу звукових коливань.

Усі інші складові елементи системи аналогічні по своїй будові та призначенню як і в попередніх.

Останнім модулем системи є блок виконавчого механізму керування двигунами (див. рис. 3.21).

Надається за запитом до авторів

Рисунок 3.21. Модуль виконавчого механізму керування двигунами. Схема електрична принципова

Модуль побудований за принципом як і попередні, але має важливу відмінність, а саме виконання дій на основі сигналу керування від МК.

Модуль виконавчого механізму керування двигунами використовує драйвер L298N, до якого можна підключити два двигуни одночасно. Важливим аспектом модуля є те, що хоч він має блок джерела живлення для автономної роботи, але драйвер отримує живлення для двигунів окремо. Це необхідна дія, так як заборонено живити силові модулі та обчислювальну систему від одного джерела живлення, так як це спричинить несправність системи.

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напруга двигунів повинна знаходитись у діапазоні від 5 до 12В, яку здатний забезпечити драйвер на оптимальному рівні.

Драйвер керується шляхом підключення до цифрових пінів мікроконтролера, що забезпечує управління кожним двигуном незалежно один від одного.

3.4. Розрахунок показників потужності споживання складових системи

Розрахунок показника споживаної потужності є необхідним для того, щоб обрати або підтвердити вибір джерела живлення, що у контексті використання автономних модулів відіграє вагоме значення у задачі тривалого часу роботи.

Так як система складається з декількох модулів, а саме: блок оператора, модуль вимірювання рівня освітленості, модуль визначення руху, модуль звуку та модуль виконавчого механізму; тому розрахунок буде виконуватися для кожного модуля незалежно.

Щоб розрахувати потужність використовується загальна формула види:

$$P = U \cdot I \quad (3.1)$$

Відповідно де:

P – потужність, Вт;

U – напруга, В;

I – струм, А.

Так як модулі системи представляють собою набір електричних вимірювальних, виконавчих та інших елементів, то потужність кожного з них варто визначити у форматі загальної потужності модуля системи.

Розрахунок загальної потужності можна представити наступним видом:

$$P_{\text{заг}} = P_1 + P_2 + \dots P_n \quad (3.2)$$

Відповідно де:

$P_1, P_2 \dots P_n$ - розрахована потужність кожного елемента модуля.

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Або скористатися таким виразом, який описує наступним чином:

$$P_{\text{заг}} = \sum_{n=1}^n U_n \cdot I_n \quad (3.3)$$

Відповідно де:

n – кількість складових елементів модуля чи системи;

U_n – напруга n -го елемента, В;

I_n – струм n -го елемента, А.

У складі кожного модуля та підсистеми у якості основної обчислювальної системи інтегровано модуль ESP32 з вбудованим Wi-Fi модулем. Згідно технічних характеристик струм споживання самого модуля може становити від 160 до 240 мА.

Джерело живлення у даному випадку становить 3,7В, від акумуляторної батареї 18650. Відповідно:

$$P_{ESP} = U_{ESP} \cdot I_{ESP} = 3,7 \cdot 0,24 = 0,888 (Вт)$$

Розрахований показник відображає максимальну потужність, яку споживає даний модуль під час максимального навантаження та роботи Wi-Fi модуля. Розрахований показник буде використовуватися у всіх розрахунках де використовується ESP32.

У складі обчислювальної системи також знаходиться блок дисплея TFT, який виконує задачу виведення даних, а також керування в меню користувача.

Споживання потужності дисплеєм може варіюватися у залежності від режиму роботи, роботи підсвітки, виконання натиску на екран тощо. Згідно з технічного опису зазначається, що споживання може бути в межах 50 – 100 мА, але у даному випадку розрахунок буде виконуватися для максимального значення. Тому можемо розрахувати наступний показник:

$$P_{TFT} = U_{TFT} \cdot I_{AE} = 3,3 \cdot 0,1 = 0,330 (Вт)$$

А також так як система має у складі модуль зарядки, то він також споживає певну потужність, хоча найбільшу під час заряджання, а в режимі посередника між системою та джерелом живлення близько 100 мкА. Але можемо визначити:

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\text{ЗАР_МОД}} = U_{\text{ЗАР_МОД}} \cdot I_{\text{ЗАР_МОД}} = 3,7 \cdot 0,0001 = 0,00037 \text{ (Вт)}$$

Так як система виконує посередницьку роль між користувачем та системою, то ці три складові – основні елементи системи, тому можемо визначити загальний показник споживаної потужності блоку управління:

$$P_{\text{заг}} = P_{\text{ESP32}} + P_{\text{TFT}} + P_{\text{ЗАР_МОД}} = 0,888 + 0,333 + 0,00037 = 1,221 \text{ (Вт)}$$

Даний показник споживаної потужності є максимальний і відображає споживання у разі максимального навантаження у випадку одночасної роботи усіх модулів.

Наступним блоком на розгляд обрано модуль вимірювання рівня освітленості, так як цей модуль виконує пряме функціональне призначення. Датчик GY-302 працює від джерела постійної напруги 3,3В, та споживає під час виконання вимірювання 120 мкА.

Можемо розрахувати показник споживаної потужності модуля:

$$P_{\text{GY302}} = U_{\text{GY302}} \cdot I_{\text{GY302}} = 3,3 \cdot 0,00012 = 0,000396 \text{ (Вт)}$$

Також у складі модуля наявні три світлодіодні індикатори: два з яких у складі модуля зарядки, та один у якості індикатора стану роботи системи.

Світлодіод підключений через обмежувальний резистор 220 Ом. Розрахуємо напругу на резисторі:

$$U_R = 3,3 - 2,0 = 1,3 \text{ (В)}$$

Струм можна визначити наступним чином, знаючи параметр опору резистора та струм споживання:

$$I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{1,3}{220} = 5,91 \text{ (мА)}$$

Знаючи цей параметр можемо розрахувати споживану потужність одного світлодіоду:

$$P_{\text{LED}} = U_{\text{LED}} \cdot I_{\text{LED}} = 3,3 \cdot 0,00591 = 0,0195 \text{ (Вт)}$$

Цей показник є орієнтовним і відображає максимальне споживання, але в реальних умовах світлодіод буде працювати не постійно.

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаючи усі показники складових елементів можемо визначити загальну потужність споживання модуля вимірювання рівня освітленості:

$$P_{за2} = P_{ESP32} + P_{GY302} + P_{ЗАР_МОД} + 3 \cdot P_{LED} = 0,888 + 0,000396 + 0,00037 + 3 \cdot 0,0195 = 0,947 (Вт)$$

Цей показника споживання відображає максимальне значення, але у процесі роботи та перемикавання режимів роботи це значення буде змінюватися у меншу сторону вдвічі та втричі, що стосується усіх складових модулів системи.

Наступний модуль у складі системи – модуль визначення присутності у приміщення. Так як показники основних складових відомі, необхідно лише розрахувати орієнтовну споживану потужність датчика руху.

Згідно технічного опису даний датчик поживає близько 65 мА та живитись від джерела напруги 5В. Відповідно можемо розрахувати наступне значення:

$$P_{HCSR501} = U_{HCSR501} \cdot I_{HCSR501} = 5 \cdot 0,065 = 0,325 (Вт)$$

Сумарну потужність модуля датчика виявлення руху можна розрахувати наступним чином:

$$P_{за3} = P_{ESP32} + P_{HCSR501} + P_{ЗАР_МОД} + 3 \cdot P_{LED} = 0,888 + 0,325 + 0,00037 + 3 \cdot 0,0195 = 1,272 (Вт)$$

Наступним складовим модулем системи є датчик звуку, який містить у складі основного вимірювального пристрою – МАХ9814. Згідно опису цей датчик споживає приблизно 3мА постійного струму при напрузі 3,3В. Можемо розрахувати потенційну потужність споживання датчика:

$$P_{МАХ9814} = U_{МАХ9814} \cdot I_{МАХ9814} = 3,3 \cdot 0,003 = 0,0099 (Вт)$$

Відповідно загальна споживаємо потужність модуля буде розраховуватися наступним чином:

$$P_{за4} = P_{ESP32} + P_{МАХ9814} + P_{ЗАР_МОД} + 3 \cdot P_{LED} = 0,888 + 0,0099 + 0,00037 + 3 \cdot 0,0195 = 0,957 (Вт)$$

Останнім незалежним модулем, є блок виконавчого механізму керування двигуном на базі драйверу L298N. У технічній документації зазначено що максимальна потужність даного драйвера, під час роботи, становить 25Вт, але

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цей показник може бути меншим, якщо напруга двигуна буде менше. У даному випадку є можливість підключати двигуни від 5В до 12В.

Відповідно такий модуль може споживати орієнтовно:

$$P_{заг} = P_{ESP32} + P_{BM} + P_{ЗАР_МОД} + 3 \cdot P_{LED} = 0,888 + 25 + 0,00037 + 3 \cdot 0,0195 = 26,046 (Вт)$$

Цей показник відображає максимальне споживання, але це значення буде лише при найбільших навантаженнях, які не передбачені алгоритмом роботи програми.

3.5. Висновки розділу 3

У розділі було виконано обґрунтування вибору модулів для системи АСКО. Вибір виконувався згідно ключових категорій, а саме за блоками системи: обчислювальна система; вимірювальний блок; блок виконавчих механізмів; блок введення та виведення даних.

Аналіз елементної бази виконувався згідно технічних характеристик системи, враховуючи основні переваги та потенційні недоліки кожного варіант. Відповідно у якості обчислювальної системи для модулів та центрального блоку обрано плату розробника ESP32, яка має вбудовані можливості для виконання задач дистанційного обміну даними та надає велику кількість апаратних переваг, включно з частотою ядра, обсягом доступної пам'яті, кількістю портів введення та виведення, а також наявністю усіх необхідних інтерфейсів. Аналогічним чином було виконано оцінку доступних датчиків.

На основі виконаного вибору було побудовано електричну принципову схеми АСКО, яка відображає усі ключові блоки, наявні датчики та спосіб їх підключення. Схема відображає повну структуру системи АСКО і є основою для подальшої фізичної реалізації.

Після вибору усіх складових системи виконується формування вимог до програмного забезпечення та побудова блок-схеми алгоритму.

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 АСПЕКТИ РОЗРОБКИ СИСТЕМНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ. РОЗРОБКА БЛОК-СХЕМИ АЛГОРИТМУ РОБОТИ АСКО

4.1. Розробка програмного забезпечення. Особливості розробки на апаратному рівні

Процес розробки програмного забезпечення (ПЗ) є поетапним процесом [18, 19], який включає підготовчий етап, етап виконання, тестування, вихід готового програмного продукту, а також за необхідності подальшу підтримку актуального стану розробки чи адаптацію під нові задачі.

Метою програмування - є опис процесів обробки даних. Поняття «дані» об'єднує в собі представлення фактів та ідей у формалізованому вигляді, придатному для передачі і переробки в певному процесі, а результат перетворення і аналізу даних називається інформація, яка з'являється у результаті обробки даних при вирішенні конкретних завдань [18].

Вбудовані системи контролю, керування, моніторингу та аналізу на базі мікроконтролерів зазвичай працюють з алгоритмами обробки даних вимірювань, та формування сигналів керування.

Обробка даних у свою чергу представляє виконання систематичної послідовності дій з даними. Дані представляються і зберігаються на носіях даних. Програма у свою чергу представляє певний набір впорядкованих команд і даних, які описують операції у формі, що є прийнятною для виконання комп'ютером. Зокрема, програма повинна бути зрозумілою і людині, так як при їх розробці, та використанні доволі часто доводиться з'ясовувати, який саме процес вона породжує. Тому програма складається на зручній для людини формалізованій мові програмування, з якої вона автоматично перекладається на

					<i>ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ</i>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мову відповідного комп'ютера за допомогою іншої програми, званої транслятором [18].

Також розрізняють такі поняття, як методи, засоби та процеси/процедури технології розробки ПЗ. Методи в свою чергу забезпечують вирішення переліку завдань [18]:

- здійснення планування і оцінка програмного проекту;
- виконання аналізу вимог до комп'ютерних систем у цілому і ПЗ зокрема;
- проектування структури програм та структур даних, які безпосередньо входять до складу ПЗ;
- безпосередня розробка програмного алгоритму;
- проведення тестування для виявлення помилок у системі, алгоритмів та неврахованих виключних ситуацій;
- подальший супровід ПЗ, вже використовуваного замовником.

Розробка програмного забезпечення для вбудованих систем характеризується рядом жорстких обмежень, зокрема апаратними можливостями. До таких аспектів відноситься обсяг доступної оперативної та постійної пам'яті, обчислювальна потужність, кількість доступних ядер для паралельної роботи; енергоспоживання тощо.

Тому в свою чергу важливою задачею у розробці ПЗ для вбудованих системи є оптимізація алгоритму та програмного коду для мінімізації затримок обробки даних, також для ефективного використання апаратних ресурсів.

Також важливими відмінними рисами пристроїв та систем, що виконані на базі МП і МК, є [21]:

- можливість розширення функціональних можливостей шляхом додавання нових алгоритмів і програмних блоків до системи;
- високий рівень уніфікації елементів;
- можливість перепрограмування для реалізації тих або інших функцій без зміни комплексу технічних і апаратних засобів і автоматизації процесів діагностики і налаштування апаратури.

Сучасні МК мають малі габаритні розміри та можуть розміщатися поруч з керованими об'єктами, мають високу надійність і достатньо потужні обчислювальні можливості [21].

Програмування МК зазвичай виконується мовою, яка підтримує роботу на низькому, апаратному рівні. Найпоширенішими мовами програмування для таких систем на сьогодні є С та С++, які надають функціонал для низькорівневого доступу до ресурсів МК та характеризуються високою швидкодією серед інших альтернатив, наприклад якщо порівнювати з Python який використовується для програмування Raspberry Pi.

Програмування виконується у спеціалізованому програмному середовищі, яке інакше називає інтегрованим середовищем розробки (IDE), яке представляє собою ПЗ з підтримкою необхідної або необхідних мов програмування та надає низку функціональних можливостей, зокрема такі як: завантаження та інтеграція бібліотек, виконання дебагінгу, аналіз роботи алгоритму покроково тощо. Також у цьому середовищі відбувається компіляції коду та подальше завантаження на сам МК.

Алгоритми роботи ПЗ для МК засновані на використанні циклів та умов. Цикл представляє собою певну точку в алгоритмі, яка описується спеціальною програмною структурою, наприклад while у мові С/С++, і виконує певний блок коду до тих пір, доки умова циклу дійсна. Використання циклів обґрунтовано тим, що система повинна виконувати задачі постійно.

Загальну структуру коду системного програмного забезпечення можна розділити на кілька ключових етапів або частин:

1) частина підключення бібліотек та заголовочних файлів – описується на самому початку алгоритму і призначений для підключення набору функцій ззовні, для спрощення роботи з певними модулями системи;

2) ініціалізація – блок коду у якому виконуються початкові налаштування, перевірка справності елементів системи, калібрування для пристосування в нових умовах середовища тощо. Даний блок виконується лише один раз;

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) основний цикл - представляє собою основне тіло програми, у якому виконуються усі функції системи включно з вимірюваннями, керуванням, виведенням та введенням даних тощо.

Калібрування – це процес, суть якого полягає у налаштуванні певного вимірювального пристрою задля підвищення точності показників його роботи. Наприклад перед початком основного циклу виконується ряд вимірювань та визначається середнє відхилення при однакових умовах функціонування тощо. Підсумовуючи можна зазначити що це послідовність дій, які спрямовані на мінімізацію похибки вимірювання.

Для того, щоб програма мала читабельну та оптимізовану структуру важливо будувати алгоритм на основі функцій.

Функція у контексті розробки ПЗ представляє собою блок коду, який має унікальну назву згідно свого призначення, та може приймати перелік вхідних параметрів, виконувати ряд дій, наприклад вимірювання чи керування, а також надавати вихідний результат, наприклад показник яскравості світла. Використання функцій дозволяє спростити структуру всього алгоритму та зменшити повторюваність коду. Виклик функції виконується шляхом вказування її імені та параметрів у необхідному місці програми.

Важливо зазначити що функція окрім імені має визначений тип даних, який визначає те, які вихідні дані можна отримати внаслідок його виконання наприклад byte чи int, якщо у результаті буде отримано ціле число, або float якщо це число з плаваючою комою.

Необхідно зазначити, що будь-яка програма повинна мати точку виходу з циклу, що важливо для коректного завершення роботи програми та системи у цілому.

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Розробка та опис блок-схеми алгоритму роботи системи керування освітленням

У цій частині роботи описується розроблений алгоритм роботи ПЗ системи АСКО. Блок-схему алгоритму зображено на рис. 4.1.

Надається за запитом до авторів

Рисунок 4.1. Блок-схема алгоритму роботи системи АСКО

Розроблена блок-схема алгоритму охоплює ключові етапи та функціональні задачі, які повинна виконувати системи АСКО. Блок-схема має три основних етапи:

- етап налаштування центральної системи, датчиків та виконавчих механізмів;
- етап виконання основного циклу вимірювання з умовами перевірки та виконанням функцій системи;
- етап виходу з циклу та коректного завершення роботи алгоритму роботи програми.

Розглянемо детальніше основні етапи алгоритму програми. Фрагмент який зображує етап налаштування показано на рис. 4.2.

Надається за запитом до авторів

Рисунок 4.2. Фрагмент блок-схеми алгоритму етапу налаштування

Етап налаштування реалізує алгоритм поетапної перевірки усіх складових модулів та працездатність. Така перевірка включає перевірку на справність модуля, здатність виконувати вимірювання, а також на з'єднання з центральною системою. Після успішної перевірки на першому етапі виконується перехід на другий етап налаштування.

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо під час налаштування виявлено помилку конфігурації системи або несправність певного модуля, система виконає функції сповіщення користувача що конкретний модуль визначеної підсистеми не функціонує належним чином, після чого буде виконано повторну спробу налаштування.

Також у програмі повинна бути наявна можливість пропустити спробу налаштування конкретного модуля, у випадку якщо він не працездатний і не дає можливості працювати всій іншій частині системи.

Наступний етап для опису це основний цикл програми (див. рис. 4.3).

Надається за запитом до авторів

Рисунок 4.3. Фрагмент блок-схеми алгоритму основного циклу програми

Ця частина блок-схеми описує етапи виконання вимірювання та запуску виконавчих механізмів для впливу на визначений показник.

У циклі представлено три основних блоки вимірювання та регулювання:

1) блок вимірювання та регулювання показника освітленості – передбачає виконання функції вимірювання з кожного наявного датчика світла в системі та виконання корекції світла шляхом зміни яскравості конкретних ламп, а також керуванням жалюзі. У кінці виконання функції системи виводить інформацію про значення показників рівня освітленості та загальні дані про стан підсистеми;

2) блок детектора руху – передбачає функцію вимірювання наявності руху у приміщенні, а також в залежності від наявності чи відсутності руху виконується одна з двох функцій: світло вимикається якщо рух відсутній певний час; світло залишається увімкненим якщо рух наявний. Також у кінці блоку виконується виведення загальної інформації про стан підсистеми детекторів руху;

3) блок датчика звуку – виконує функцію вимірювання зовнішніх звуків, а також виконує одну з двох функцій: вимкнення чи увімкнення світла, у разі відповідності умові перевірки. Це може бути система увімкнення світла звуком, а також комбінацією систем детектування руху та звуку, для кращої точності

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

керування освітленням. У кінці блоку також передбачається виведення даних про стан та роботи підсистеми детекторів звуку.

Після виконання усіх етапів основного циклу програма повертається на його початок, де перевіряє поточний стан умови, і відповідно якщо умова дійсна ітерація циклу повторюється знову, а якщо ні, то відбувається перехід до блоку коректного завершення роботи модулів та системи у цілому.

Наступним кроком є опис фрагменту алгоритму який описує порядок дій для виконання коректного завершення роботи складових модулів та центральної системи.

Даний фрагмент блок-схеми алгоритму продемонстровано на рис. 4.4.

Надається за запитом до авторів

Рисунок 4.4. Фрагмент блок-схеми алгоритму коректного завершення

Коректне завершення роботи системи передбачає виконання збереження даних модулів, налаштоване відключення чи переведення у режим сну тощо. Це необхідно для того щоб системи не втратила важливі дані, які накопичуються під час роботи системи.

Порядок коректного завершення описано наступним чином:

- 1) надсилання сповіщення про підготовку до завершення роботи системи;
- 2) завершення роботи усім наявних вимірювальних блоків;
- 3) завершення роботи усіх виконавчих механізмів;
- 4) завершення роботи центральної системи, збереження даних системи.

Після виконання усіх описаних вище етапів програма завершує свою роботу.

4.3. Висновки до розділу 4

					<i>ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ</i>	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У розділі виконано аналіз аспектів питання розробки програмного забезпечення у контексті написання алгоритмів для роботи з вбудованими системами. Наведено та описано етапи розробки, тестування та подальшого супроводу програмного продукту.

Описано особливості програмування МК з врахуванням апаратних обмежень та можливостей у частоті, кількості ядер, обсягу пам'яті, кількості інтерфейсів тощо. Розглянуто загальні рекомендації щодо оптимізації та формування структури програми.

Враховуючи всі описані аспекти розробки ПЗ було побудовано блок-схему алгоритму роботи. Алгоритм включає три великі блоки: налаштування та калібрування; виконання основних ітерацій вимірювання та виведення даних у циклі; коректне завершення роботи програми.

Даний підхід до розробки дозволяє забезпечити можливості подальшого масштабування, адаптивного налаштування та розширення функціональних можливостей без значних змін в базовому алгоритмі програми.

					<i>ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ</i>	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У процесі виконання роботи було проведено ретельний огляд систем автоматизації контролю та керування параметрів, описано основні принципи автоматизації та ключові аспекти теорії автоматичного управління. На основі цих даних було виконано розробку автоматизованої системи контролю рівня освітленості у приміщенні.

Інтеграція такого роду систем дозволяє максимально оптимізувати використання електроенергії та створити комфортні умови перебування у приміщенні з дотриманням вимог згідно визначених стандартів.

Було виконано перелік наступних етапів та задач:

- опис задач які вирішує сфера автоматизації, розглянуто принципи автоматизації а також застосування підсистем зворотного зв'язку. Описано вимоги до освітлення приміщень, а також загальновизнані рекомендації щодо оптимізації використання електроенергії шляхом інтеграції автоматизованих систем. Розглянуто систему-аналог, що дозволило оцінити які вимоги ставляться до такого типу систем та який функціонал вони реалізують;

- визначено перелік функціональних задач які повинна вміти виконувати система АСКО, а також сформовано загальні принципи застосування. На основі описаних цільових функцій розроблено структурну та принципову схеми системи;

- на основі структурної та принципової схем було проведено аналіз доступних обчислювальних системи, датчиків, модулів введення та виведення даних, а також виконавчих механізмів для забезпечення умов функціонального призначення. Виконано розробку електричної принципової схеми системи;

- розглянуто питання розробки програмного забезпечення з урахуванням особливостей та обмежень програм для мікропроцесорних систем. Виконано розробку блок-схеми алгоритму роботи ПЗ АСКО та надано вичерпний опис ключових блоків.

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Приймак, Б. І. Теорія автоматичного керування. Лінійні системи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Б. І. Приймак ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,47 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 310 с. – Назва з екрана;

2. Теорія автоматичного керування. Лабораторний практикум / Укладачі Л.Т.Мовчан, А.М.Лупенко. Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 81 с.;

3. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення: будівельні норми / чинні з 01.04.2019 р. — [Ред. від 20.04.2023]. — Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. — 57 с. — (Наказ №264 від 03.10.2018). — Реєстр. № BN01:1961-5428-6735-5037;

4. ДСТУ EN 12464-2:2016. Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 2. Зовнішні робочі місця (EN 12464-2:2014, IDT). — Вперше. — Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. — 26 с. — (Наказ №456 від 28.12.2016, чинний з 01.12.2017).;

5. Безугла Я. В., Тугай С. Б. Автоматична система керування освітленням // Перспективні напрямки сучасної електроніки: матеріали XIII-ї наук.-практ. конф., 4 квітня 2019 р., КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФЕЛ. – Електрон. вид. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 95–99;

6. Основи автоматизації технологічних процесів. Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні» за спеціальностями 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Шевченко, Г. С. Тимчик.

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

– Електронні текстові дані (1 файл 1,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 111 с. – Назва з екрана.;

7. Теорія автоматичного управління. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Н.І. Бурау, Д.О. Півторак; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. - 57 с.;

8. Технічні засоби автоматизації. навч.-метод. посібник / уклад.: А.К. Бабіченко, І.Л. Красніков, Ю.А. Бабіченко, І.Г. Лисаченко, О.Г. Шутинський, за ред. А.К. Бабіченко. – Харків: НТУ "ХПІ", 2024. – 183 с.;

9. Теорія автоматичного управління: Навчальний посібник [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем»; уклад.: О. Й. Штіфзон, П. В. Новіков, В.П. Бунь. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 144 с.;

10. Крайник Я. М. Мікроконтролери : метод. рек. до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Мікроконтролери» : метод. рек. / Я. М. Крайник, Є. О. Ухань. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2024. – 52 с. – (Методична серія ; вип. 447).;

11. Мікропроцесорна техніка : навч. посіб. / Цирульник С. М., Азаров О. Д, Крупельницький Л. В., Трояновська Т. І. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.;

12. Основи мікропроцесорної техніки: лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка» / В.С.Баран, Г.Г.Власюк, Ю.О.Оникієнко, О.І.Смоленська ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. –Електронні текстові данні (1 файл: 3,42 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. –140 с.;

13. Мікропроцесорна техніка: Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. М. В.

					<i>ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ</i>	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коржик. Електронні текстові дані (1 файл 1 МБайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 47 с.;

14. RoboStore [Електронний ресурс] : офіційний сайт. – Режим доступу: <https://robostore.com.ua/> – Назва з екрана;

15. Arduino.ua: електроніка для навчання, розробки та творчості [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/> – Назва з екрана;

16. Wire: інтернет-магазин електронних компонентів і модулів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://1wire.com.ua/> – Назва з екрана;

17. Новацький, А. О. Архітектура новітніх мікроконтролерів: Програмування мікроконтролерів сімейства ARM [Електронне видання] : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / А. О. Новацький ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,29 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 138 с. – Назва з екрана;

18. Навчальний посібник з дисципліни «Технології розробки програмного забезпечення» для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія». – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – 218 с.;

19. Технології розроблення програмного забезпечення: практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма «Технічні та програмні засоби автоматизації» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Д. О. Ковалюк. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 55 с.;

20. Системне програмування: конспект лекцій для студентів за напрямом підготовки 6.050103 «Програмна інженерія» факультету інформаційних технологій УжНУ / Розробник: к.т.н. Поліщук В.В. – Ужгород: 2018. – 56 с.;

21. Мікроконтролери: Архітектура, програмування та застосування в електромеханіці : навч. посіб. / Ю. С. Грищук. – Харків : НТУ «ХП», 2019. – 384с.;

					ДПБ ПМ11.01.000.00 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		