

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістр

(освітній ступінь)

на тему: **Розробка та дослідження автоматизованої системи управління освітленням побутового приміщення на базі контролера Arduino Mega 2560**

Виконав: студент (ка) VI курсу, групи КАмд
спеціальності 174
“Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та
робототехніка”
(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

	<u>Мартиш Ю.М.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Капаціла Ю.Б.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Шовкун О.П.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Савків В.Б.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Дідич І.С.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Автоматизації технологічних процесів і виробництв

Савків В.Б.

« »

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Мартишу Юрію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Розробка та дослідження автоматизованої системи управління освітленням побутового приміщення на базі контролера Arduino Mega 2560»

Керівник проекту (роботи) к.т.н., доцент кафедри АВ Капаціла Юрій Богданович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «11» листопада 2024 року
№4/7-1078

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 27.12.2024р

3. Вихідні дані до проекту (роботи) побутове приміщення (тип, площа, розміри)

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. Аналітична частина. Технологічна частина. Конструкторська частина. Науково-дослідна
Частина. Спеціальна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Актуальність, мета, об'єкт і предмет дослідження. 2. Наукова новизна і практична цінність
дослідження. 3. Алгоритм роботи автоматизованої системи освітлення побутового приміщення.
4. Апаратна архітектура системи автоматизованого освітлення 5. Лістинг програми 6. Висновки

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М., проректор з адміністративно-господарської роботи та будівництва, старший викладач кафедри ОХ		
	Тотосько О.В. к.т.н., доцент кафедри КТ		
Охороно праці			

7. Дата видачі завдання « » 20 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент _____
(підпис)

Мартиш Ю.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

Капаціла Ю.Б.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи «Розробка та дослідження автоматизованої системи управління освітленням побутового приміщення на базі контролера Arduino Mega 2560» 77 с., 14 рис., 7 табл, 28 джерел, 3 с. додатків.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ОСВІТЛЕННЯМ, ПРОМИСЛОВЕ ПРИМІЩЕННЯ, МІКРОКОНТРОЛЕР, ДАТЧИК ОСВІТЛЕНОСТІ, ПРИРОДНЕ ОСВІТЛЕННЯ.

Об'єкт дослідження – система автоматизованого управління освітленням у побутовому приміщенні.

Предмет дослідження – апаратно-програмний комплекс, що реалізує функції управління освітленням з використанням датчиків руху, освітленості, реле та димерів.

Мета кваліфікаційної роботи – розробка та дослідження автоматизованої системи управління освітленням побутового приміщення на основі сучасного апаратного та програмного забезпечення.

Метод дослідження – теоретичний аналіз літератури та стандартів, математичний розрахунок параметрів освітлення, методи програмного моделювання для реалізації алгоритмів управління, а також експериментальне тестування системи для оцінки її ефективності.

Задачі дослідження включають аналіз наявних рішень, оптимізацію освітньої системи, вибір компонентів та розробку програмного забезпечення.

Результати практичного застосування системи свідчать про її потенціал для впровадження в різні промислові середовища з метою поліпшення якості освітлення, зниження витрат електроенергії та створення комфортних умов для оточуючих.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АСК – автоматизована системи керування;

АСКО – автоматизована система керування освітленням;

АЦП – аналого-цифровий перетворювач;

БВО – блок вимикачів освітлення;

БД – блок датчиків; БЖ – блок живлення

БКДС – блок комутації джерел світла;

БО – блок освітлення;

ДО – датчик освітленості;

ДР – датчик руху;

МК – мікроконтролер;

САК – система автоматичного керування;

СКО – система керування освітленням.

ЗМІСТ	
ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Призначення автоматизованої системи освітлення	10
1.2 Аналіз існуючих рішень систем управління освітленням	12
1.3 Вимоги до освітлення виробничих приміщень	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	24
2.1 Розрахунок та оптимізація освітлювальної системи	24
2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення проектованої системи освітлення та вибір компонентів системи	26
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	47
3.1 Розробка схеми	47
3.2 Алгоритм роботи системи	56
4 НАУКОВО – ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	
4.1 Тестування автоматизованої системи освітлення	59
4.2 Аналіз результатів тестування автоматизованої системи освітлення	62
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	64
5.1 Реалізація програмного забезпечення	64
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	68
6.1 Вимоги електробезпеки до освітлювальних установок	68
6.2 Правила техніки безпеки при експлуатації освітлювального обладнання	70
6.3 Робота з освітлювальними установками при надзвичайних ситуаціях	71
ВИСНОВКИ	73
Список використаних джерел	75
Додатки	78

Вступ

Енергоефективність, автоматизація процесів та створення комфортного середовища в житлових і виробничих приміщеннях є ключовими викликами сучасності. Зростаючі ціни на енергоресурси та екологічні проблеми стимулюють впровадження автоматизованих систем управління освітленням. Розробка систем, які адаптуються до умов навколишнього середовища та забезпечують оптимальне використання енергії, є актуальним завданням для розвитку технологій "розумного дому" та промислових об'єктів [1, 2, 3].

Метою даної роботи є розробка автоматизованої системи управління освітленням побутового приміщення на основі сучасного апаратного та програмного забезпечення для забезпечення енергоефективності, безпеки та зручності експлуатації.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз предметної області та існуючих рішень у галузі автоматизації освітлення;
- виконати розрахунок і оптимізацію освітлювальної системи відповідно до нормативів;
- обґрунтувати вибір апаратного забезпечення системи, включаючи контролери, світильники та датчики;
- розробити схему та алгоритм роботи системи автоматизованого управління освітленням;
- реалізувати програмне забезпечення для управління системою;
- провести тестування системи та проаналізувати її ефективність у реальних умовах;
- розглянути вимоги охорони праці при розробці та експлуатації системи.

Об'єкт дослідження є процес автоматизованого управління освітленням у побутовому приміщенні.

Предмет дослідження є апаратно-програмний комплекс, що реалізує функції управління освітленням з використанням датчиків руху, освітленості,

реле та димерів.

Методи дослідження - застосовано теоретичний аналіз літератури та стандартів, математичний розрахунок параметрів освітлення, методи програмного моделювання для реалізації алгоритмів управління, а також експериментальне тестування системи для оцінки її ефективності [4, 5, 6].

Наукова новизна роботи полягає у розробці автоматизованої системи, яка забезпечує адаптивне управління освітленням за допомогою інтеграції сучасного апаратного забезпечення (Arduino Mega 2560) з датчиками освітленості та руху, що дозволяє зменшити споживання енергії в побутових приміщеннях.

Результати роботи можуть бути використані для створення ефективних систем автоматизації освітлення у побутових, комерційних та промислових приміщеннях. Впровадження системи дозволить знизити експлуатаційні витрати, підвищити комфорт і сприяти сталому розвитку [7, 8, 9, 10].

Кваліфікаційна робота складається з п'яти розділів. У першому розділі проведено аналіз предметної області та вимог до освітлення. Другий розділ присвячено розрахункам освітлювальної системи та вибору компонентів. У третьому розділі описано схему, алгоритм роботи системи. Четвертий розділ містить результати тестування та аналіз ефективності системи. П'ятий розділ містить розробку та реалізацію програмного засобу. Шостий розділ охоплює вимоги охорони праці та безпеки при розробці й експлуатації системи.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення автоматизованої системи освітлення

Автоматизовані системи управління освітленням (АСУО) являють собою інноваційні технології, розроблені для ефективного контролю освітлення з метою економії енергії, забезпечення комфорту та підвищення рівня безпеки. Такі системи широко застосовуються в житлових будинках, офісах, промислових приміщеннях, громадських установах і для зовнішнього освітлення [11, 12, 13].

Основною метою АСУО є забезпечення високоякісного освітлення з мінімальними витратами енергії та зменшенні витрат на обслуговування. Ці системи інтегрують сучасні рішення, такі як датчики руху й освітленості, які дозволяють автоматично регулювати роботу освітлення залежно від умов: присутності людей, рівня природного освітлення або часу доби [14, 15].

Окрім цього, АСУО можуть бути частиною "розумного будинку", оптимізуючи взаємодію з іншими системами будівлі.

Основні функції АСУО:

- Автоматичне включення та виключення освітлення. Датчики руху активують світло при виявленні присутності людей і вимикають його за їхньої відсутності, зменшуючи зайві витрати енергії.
- Регулювання яскравості. Система автоматично змінює інтенсивність освітлення відповідно до часу доби, рівня природного світла чи потреб користувачів.
- Діагностика несправностей. Оперативне інформування про несправні елементи дозволяє швидко здійснювати їх заміну, запобігаючи збоям у роботі.
- Безпека користувачів. Освітлення громадських зон, таких як коридори чи парковки, підвищує комфорт і безпеку пересування.
- Енергетичний моніторинг. Збір і аналіз даних про споживання енергії допомагає оптимізувати її використання.

- Індивідуальне налаштування. Користувачі можуть персоналізувати параметри системи для досягнення максимального комфорту.

Аналогові та цифрові системи управління

АСУО можуть базуватися на аналогових чи цифрових технологіях, кожна з яких має свої переваги та обмеження [16, 17, 18].

Аналогові системи використовують традиційні пристрої, такі як вимикачі чи регулятори яскравості. Простота у використанні, однак функціональність є обмеженою. Наприклад це може бути лишень кілька фіксованих рівнів яскравості.

Цифрові системи, у свою чергу функціонують на основі програмного забезпечення та сучасної електроніки. Також, забезпечують точне налаштування рівня освітлення та повну її автоматизацію. Можуть інтегруватися із іншими системами будівлі, такими як клімат-контроль тощо [19, 20]. Енергоефективність набагато вища, проте вони потребують складнішого обслуговування в процесі експлуатації.

Інноваційні технології в АСУО

Світлодіоди (LED) мають енергоефективність і тривалий термін експлуатації, що робить їх оптимальним вибором для освітлення.

Інтернет речей (IoT) забезпечує керування системами через мобільні додатки дозволяє зручно адаптувати освітлення під будь-які потреби.

Штучний інтелект (AI), завдяки ньому, відбувається аналіз даних системи стають "розумнішими", передбачаючи та адаптуючись до поведінки користувачів.

Зелені технології - інтеграція АСУО з відновлюваними джерелами енергії сприяє зменшенню впливу на навколишнє середовище [21, 22, 23].

Використання сучасних автоматизованих систем освітлення, в свою чергу, дозволяє оптимізувати споживання енергії, забезпечуючи водночас комфорт та безпеку користувачів системи. Інтеграція з іншими технологіями допомагає підвищити ефективність будівель і сприяє сталому розвитку.

1.2 Аналіз існуючих рішень

Існує багато типів СУО, які варіюються в залежності від їх функціональності та складності. [4, 24] Провідні системи передають сигнали управління через кабель.

До основних переваг такої системи можна віднести низьку вартість, високу надійність і незалежність від перешкод, а також стабільність роботи на великих відстанях. Проте є й недоліки. також, при використанні окремого кабелю для сигналу, який слід ізолювати від кабелів живлення, щоб уникнути перешкод. Провідні системи можна поділити на домашні та професійні.

Провідні системи можна поділити на домашні, які включають прості рішення для регулювання освітленням, такі як PUSH (DIM) і TRIAC, та професійні, до яких належать більш складні протоколи, такі як DMX-512, DALI та KNX, що можуть забезпечити інтеграцію з іншими системами та високу гнучкість налаштування, можливість масштабування та підтримку складних функцій автоматизації для великих об'єктів.

Сьогодні є багато різних систем управління освітленням, які допомагають економити енергію та сприяють використанню сучасних технологій для автоматизації.

Основна система управління освітленням передає сигнали через кабель, що забезпечує надійний зв'язок між усіма частинами системи. Це дозволяє точно регулювати яскравість освітлення, час включення і вимикання, а також інтегрувати систему з іншими автоматичними технологіями в будівлі [25, 26].

Плюсами такої системи є невисока вартість, відсутність проблем із перешкодами та відстанню, висока надійність, а також легкість у встановленні та догляді. Недоліки такої системи можуть бути, або ж є необхідність сигнальних кабелів, його необхідно вмонтовувати відокремивши від кабелю живлення.

PUSH (DIM). Стандарт PUSH (DIM) дозволяє регулювати яскравість освітлення за допомогою кнопок, що вмикає, вимикає та змінює інтенсивність світла. Однак до однієї кнопки можна підключити лише обмежену кількість приладів, що є його недоліком, після цього обмежує можливості масштабування системи та зменшує зручність керування великими освітніми засобами.

TRIAC (Triode for Alternating Current) — це трьохвивідний напівпровідниковий пристрій, що дозволяє проводити струм в обох напрямках змінного струму, що робить його ідеальним для живлення потужністю в електричних пристроях.

Він широко використовується для регулювання яскравості освітлення, швидкості електродвигунів, температури нагрівачів та в побутових приладах, таких як пральні машини та мікрохвильові печі.

Основними перевагами TRIACів є двонаправлене керування струмом, висока швидкість перемикання, ефективне використання енергії та надійність.

Однак їх використання вимагає врахування чутливості до швидких змін напруги та потреби в додаткових компонентах для коректної роботи з індуктом. Професійне управління світлом більш дороще ніж звичайне і складніше в монтажі.

DMX-512 — це протокол керування освітленням, який часто використовується в сценічних системах. Він дозволяє керувати до 512 каналів, що дозволяє контролювати інші параметри освітлення, такі як яскравість, колір і рух, і є ідеальним для театральних та концертних виступів.

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) — це протокол для цифрового керування освітленням, що дозволяє індивідуально адресувати кожен світильник і точно регулювати його параметри. Він широко використовується в комерційних та професійних приміщеннях для створення сценаріїв освітлення, регулювання яскравості та інтеграції з іншими системами, забезпечуючи високу гнучкість та енергоефективність. DALI підтримує сумісність пристроїв у різних виробників, що робить його універсальним рішенням для складних освітлювальних систем.

KNX — це стандарт для автоматизації будівель, який об'єднує системи освітлення, опалення, кондиціонування та безпеки. Він підтримує пристрої від понад 500 виробників, що дозволяє створювати гнучкі рішення для різних типів об'єктів. KNX використовує різні способи з'єднання, включаючи вашу пару, сильну лінію та IP-з'єднання, і може працювати на невеликих і великих об'єктах.

Бездротові системи управління освітленням

Бездротові системи управління освітленням не дозволяють легко підключати світильники без кабелів, що спрощує встановлення та налаштування. Вони використовують протоколи, такі як RF, Zigbee та Bluetooth, і підходять для офісів, готелів та старих будівель. Хоча ці системи дорожчі і можуть бути чутливі до перешкод, вони дають можливість захистити на прокладанні проводки і забезпечують зручне управління освітленням [27, 28].

RF (радіо хвилі) використовує радіохвилі для бездротової передачі сигналів між пристроями, що дозволяє уникнути прокладання кабелів. Протоколи передають дані на відстань до 150 метрів, але можуть зазначити перешкоди в закритих приміщеннях. RF-системи знижують витрати на проведення та легко виявляються, що робить їх підхідними для малих та середніх освітлювальних систем.

Bluetooth — бездротова технологія, яка дозволяє керувати освітленням без проводів, підключаючи пристрої на батарейках і забезпечуючи енергоефективність. Вона дає можливість керувати світлом через смартфон, що робить налаштування простим і зручним. Однак її дальність обмежена, що може ускладнити використання у великих приміщеннях або при великій кількості пристроїв. Це ідеальне рішення для малих і середніх систем освіти.

Zigbee це технологія, яка дозволяє бездротово керувати освітленням та іншими пристроями в розумних будинках. Вона створює мережу, де пристрої можуть передавати сигнали одному, забезпечуючи надійний зв'язок. Zigbee добре підходить для підключення різних пристроїв, таких як світильники та датчики, і дозволяє автоматизувати енергоспоживання.

Системи Casambi та Leviton з розумними датчиками Wallbox допомагають зробити управління освітленням в офісах ефективнішим і комфортнішим.

Casambi дозволяє керувати освітленням через мобільні додатки, даючи можливість знімати світло для різних ситуацій, таких як зустрічі або перерви. Система автоматично коригує рівень освіченості залежно від природного світу, що сприяє збереженню енергії.

Leviton з розумними датчиками Wallbox автоматично вмикає і вимикає світло у відношенні від того, чи є люди в цей час. Користувачі можуть налаштувати освіту через мобільний додаток. Система автоматично надає різне освітлення, враховуючи зміни в навколишньому середовищі, такий як рівень природного світла та час доби, для створення комфортних умов для роботи та відпочинку.

Додаток Smart Sensor забезпечує визначення та активацію різних функцій освітлення в приміщенні, це можуть бути такі як чутливість датчиків, налаштування таймерів, денне освітлення, часткове вмикання або вимикання та інші. Це дозволяє користувачам створити налаштування освітлення, які відповідають їхнім потребам і умовам.

Ручне управління : це мабуть одна з найпростіших форм керування, де користувач бере участь і вимикає світло вручну за допомогою вимикачів або кнопок. Це підходить для тих, хто не потребує складних налаштувань і хоче мати прямий контроль за освітленням [29, 30, 31].

Таймери це є система, яка вимикає світло через певний час після його увімкнення. Це дозволяє уникнути забування вимкнути світло, коли ви виходите з кімнати або коли світло не потрібно. Таймери можуть значно допомогти економити енергію.

Датчик руху, ця система виявляє рух у місці та автоматично включає або вимикає світло, залежно від наявності людей, або ж тварин. Вона забезпечує ефективне використання енергії.

Датчик освітленості : вимірює рівень природного освітлення та автоматично регулює штучне освітлення.

Інтелектуальні системи, оці саме, системи вибирають алгоритм машинного

навчання та штучного інтелекту для адаптації до поведінки користувача та прогнозування потреб в освітленні. Вони підлаштовують освітлення під вимги і комфорт користувача.

Динамічне освітленн. Системи, які можуть змінити інтенсивність і колір світла в залежності від потреби користувача.

Інтернет речей (IoT) :ця системи на основі IoT дозволяють користувачам керувати освітленням через мобільні додатки або веб-портали.

Зональне освітлення дозволяє на окремих рівнях різної яскравості для окремих зон приміщення [32, 33]. Це дає можливість створити оптимальні умови для роботи або відпочинку. Таке освітлення забезпечує комфорт і зручність у приміщенні.

Системи адаптивного освітлення постійно перевіряють рівень освіченості та автоматично регулюють світло в умовах оточення та часу. Це підтримує комфорт у всій країні та економить енергію.

Найсучасніші системи, такі як динамічне освітлення, інтелектуальні системи та інтеграція з IoT, хочуть і вимагають більших витрат на інсталяцію та обслуговування, проте вони можуть досягти значної економії енергії, підвищення комфорту та покращення умов для користувачів. Вибір найкращої системи залежить від потреби користувача і того, як саме він хоче використовувати освітлення для досягнення максимального комфорту [34, 35].

1.3 Вимоги до освітлення виробничих приміщень

Освітлення у виробничих приміщеннях є аспектом, що впливає на безпеку працівників, комфорт їх роботи та якість продукції. Дотримання належних норм освіти є необхідним для забезпечення ефективної роботи та запобігання нещасним випадкам на робочих місцях [35, 36, 37]. Вимоги до освіти залежать від багатьох факторів, таких як тип виробництва, специфіка технологічних процесів і умов праці, зокрема наявність шкідливих або небезпечних виробничих факторів. одночасно до стандартів, рекомендуються оптимальні рівні освітленості для різних типів робіт, щоб забезпечити максимальний комфорт і продуктивність працівників.

Фактичне освітлення робочого місця можна виміряти за допомогою спеціальних приладів — світломірів. Світломір вимірює кількість світла, яке робиться на поверхню. Одиниця вимірювання освітленості — люкс (лк), який визначає, скільки світла падає на площу в один квадратний метр при відстані між джерелом світла і вимірювальною поверхнею в один метр [38, 39, 40]. Щоб точно виміряти рівень освіченості на робочому місці, світломір потрібно розповсюдити на поверхні, на яку падає світло, наприклад, на робочому столі або підкласти поруч із робочим місцем.

Освітлення має значний вплив на самопочуття та ефективність працівників. Дослідження показують, що понад 90% інформації про навколишній світ людей підтримується через зорову систему. Погане або сильно яскраве освітлення може призвести до втоми очей, зниження концентрації і навіть збільшити головний біль. Це особливо важливо для робіт, які потребують високої зорової концентрації, таких як роботи з дрібними деталями або на екрані комп'ютера. Втома очей виникає в результаті постійного зорового навантаження, зокрема через процеси адаптації зору до різних умов освіченості, акомодатії та конвергенції очей. Змінення цих навантажень через правильне освітлення покращити комфорт працівників та знизити ризик професійних захворювань.

Освітлення має великий вплив на людей на роботі. Більшість інформації про навколишнє середовище ми отримуємо через очі [41,42, 43]. Втома очей залежить від того, як ми сприймаємо зображення, наприклад, як фокусуємося або слідкуємо за рухом. Погане освітлення може збільшити головний біль, порушити концентрацію і зробити роботу менш ефективною. Тому важливо мати правильне навчання для різних завдань, щоб зменшити втоми, підвищити комфорт і продуктивність.

Адаптація — це процес, коли око викликає зміни освітлення, наприклад, коли ми переходимо з темного приміщення на яскраве сонце.

Акомодація - дозволяє нам фокусуватися на предметах, що знаходяться далеко або близько, змінюючи форму кришталіка в оці для ясного зору.

Конвергенція — це здатність очей зміщуватися так, щоб їх зорові осі перетиналися над об'єктом, коли ми дивимось на щось близько. [6, 44]

Погане освітлення може викликати проблеми зі здоров'ям, такі як біль у очах, головний біль, а також біль у шиї і спині. Якщо довго працювати при слабкому освітленні, зір може стати не таким чітким, а очі можуть почати сохнути і почервоніти.

Недостатнє освітлення шкідливо до втоми і знижує ефективність праці. Коли освітлення погане, зростає ймовірність помилок і нещасних випадків на роботі.

Погане освітлення може негативно вплинути на настрій і сприяти розвитку депресії. Проведені дослідження показали, що низький рівень знижує кількість вітаміну D у крові, що підвищує нервозність. Освітлення важливе не лише для зору, а й для загального здоров'я, самопочуття людини, оскільки воно посилює регуляцію речовин, покращує сон і зміцнює імунітет.

Недостатнє освітлення вдома чи на роботі може призвести до серйозних проблем зі здоров'ям.

Занадто яскраве світло або відблиски можуть засліплювати працівників і викликати дискомфорт. Нерівномірне освітлення змушує очі часто адаптуватися, що призводить до причини втоми. Для оптимального освітлення варто використовувати світильники, що створюють м'яке світло, а стіни

фарбувати в пастельні відтінки з коефіцієнтом відбитка 0,3-0,6.

Матова поверхня допоможе зменшити відблиски та рівномірно розподілити світло, що зменшує навантаження на очі та покращує комфорт при роботі [45, 46, 47]. Також важливо, щоб освітлення було адаптоване до специфіки діяльності.

Для точних робіт, що вимагають високої концентрації, необхідне більш яскраве освітлення, тоді як для загальних зон відпочинку або неактивних зон краще використовувати м'якше, більше розсіяне світло. Системи освітлення, які можна регулювати відповідно до потреб користувачів, сприяють підвищенню ефективності праці та зниженню втоми.

Ергономічні вимоги до робочого місця

Ергономіка — це наука, яка вивчає, як зробити робочі умови більш зручними для людей, щоб вони могли працювати ефективніше і безпечніше. Вона покращує взаємодію між людьми і технікою, враховуючи фізичні можливості і потреби кожної людини індивідуально. Завдяки ергономіці можна попередити виникнення травм на виробництві, підвищити комфорт простору працюючого. [7, 48, 49]

Розміри робочого простору повинні відповідати розмірам працівника, таким як зріст, довжина рук і ніг. Також важливо, щоб працівники могли змінити положення тіла під час роботи, щоб зменшити навантаження на м'язи та суглоби. Для цього корисно використовувати столи та крісла, висоту яких можна налаштувати. Крім того, робоче місце повинно бути достатньо просторим, щоб працівник міг комфортно рухатися і легко дістатися до всього необхідного для роботи. Це допоможе працювати ефективніше і зменшує стрес.

Регульовані столи та стільці допомагають працівникам змінювати положення тіла, що зменшує навантаження. Висоту столу і стільця потрібно налаштувати так, щоб було зручно сидіти і легко досягати робочих поверхонь. Стільці повинні мати регулювання спинки та підлокітників для комфортного положення тіла [50, 51]. Сидіння і спинка повинні бути зручними та підтримувати правильну позу, зменшуючи навантаження на спину. Матеріали стільця повинні бути дихаючими і зручними для тривалого використання.

Робоче місце має бути спроектовано так, щоб обладнання було розташоване зручно на робочій поверхні. Це дозволяє працівникам легко користуватися технікою, не відчуючи дискомфорту. Все повинно бути в межах досяжності, щоб уникнути легких рухів і зменшити навантаження на тіло.

Відстань між очима користувача та екраном 27 має становити 500-700 мм, а кут огляду – 10-20° і не перевищувати 40°. Кут між верхнім краєм екрану та рівнем очей користувача повинен бути не менше 10°. [7, 52]

Ергономічні вимоги до освітлення робочого місця дуже важливі для того, щоб працівники почувалися комфортно і залишалися здоровими. Згідно з українськими законами, освітлення на робочих місцях повинна бути безпечним і відповідати стандартам та нормам, які захищають здоров'я працівників.

Правильне освітлення повино допомогти уникнути втоми очей, головного болю та інших проблем із здоров'ям, які можуть виникнути через неправильне або недостатнє освітлення. Крім того, воно покращує загальну атмосферу на робочому місці, підвищуючи продуктивність.

Однією з головних вимог є забезпечення належної якості освітлення. Щоб працівники отримували комфорт і зберігали здоров'я, освітлення повинна бути рівномірним, без відблисків і відображень, і максимально схожі до природніх.

Для досягнення цієї мети можна досягти за допомогою ламп, які імітують природнє світло із розсіювачами, що зменшують відблиски та відображення на робочому місці. Також важливо правильно розташувати джерела світла, щоб освітлення було рівномірним і зменшувало навантаження на очі. Крім того, для різних видів роботи необхідно регулювати яскравість світла, щоб зробити робоче середовище комфортнішим. [9, 53, 54]

Вимоги до освітленості.

Для штучного освітлення:

- комбіноване – 1500 лк;
- загальне – 400 лк.

Для природного освітлення:

- бічне – коефіцієнт природної освітленості (КПО) 3,5%;

- верхнє або комбіноване –КПО 10%.

Для суміщеного освітлення:

- верхнє або комбіноване – КПО 3-6%;

- бічне – КПО 1,1-2%.[9]

Важливо звертати увагу на колір світла, після чого він може суттєво впливати на настрій і емоційний стан працівників. Наприклад, тепле жовте світло створює атмосферу затишку та розслабленості, що підходить для перерв або неактивних завдань. У своєму випадку холодне біле світло має стимулюючий ефект, підвищуючи активність і продуктивність, що особливо важливо в умовах інтенсивної роботи. [9, 55]

Управління освітою також є аспектом організації комфортного робочого середовища. Працівники повинні мати можливість коригувати яскравість і температуру освітлення залежно від своїх потреб. Це можна реалізувати за допомогою диммерів або світильників з функцією регулювання інтенсивності світла. Таке управління дозволяє створити комфортні умови для праці та підтримувати здоров'я працівників протягом усього робочого дня.

Окрім цього, необхідно забезпечити індивідуальні особливості працівників, такі як вік, зорові можливості та специфіка їх роботи. Наприклад, для людей старшого віку або тих, хто працює з дрібними деталями, можна отримати більш яскраве освітлення, а також теплі відтінки, щоб втратити навантаження на очі та створити комфортні умови для роботи.

Природне освітлення також має велике значення для підтримки настрою і загального самопочуття працівників. Вікна в офісних приміщеннях повинні бути спроектовані так, щоб пропускати достатню кількість денного світла, але при цьому не виключаються відблиски на екранах комп'ютерів чи зменшується видимість на робочих поверхнях [56, 57, 58]. Оптимальне розташування робочих місць сталося в тому, щоб вони знаходилися на відстані приблизно трьох метрів від вікон, а світло повинно падати збоку, найкраще зліва. Це дозволяє уникнути неприємних відблисків і покращує видимість на екрані.

Нарешті, важливо правильно розташувати світильники. Лампи повинні бути встановлені таким чином, щоб світло не відбивалося від екранів

комп'ютерів і не створювало тіней на робочих поверхнях.

Правильне розташування світильників дозволяє досягти рівномірного освітлення, що сприяє зменшенню навантаження на очі. ефективності та якості світла, при виборі освітніх приладів слід втратити їх дизайн і можливість регулювання інтенсивності світла. Наприклад, для робочих столів необхідно більш інтенсивне освітлення, ніж для загального освітлення у приміщенні. Тому важливо, щоб світильники дозволяли регулювати рівень освіченості саме на робочих місцях, забезпечуючи оптимальні умови для виконання завдань.

Для правильного проектування освітлення на робочих місцях важливо точно розрахувати необхідні параметри, такі як кількість світильників та їх потужність, щоб забезпечити комфортні умови праці та відповідну освітленість.

Ці розрахунки включають врахування таких факторів, як площа приміщення, тип і характеристика світлових потоків, коефіцієнти запасу та відображення світла.

Використання відповідних формул дозволяє налаштувати точну кількість світильників, необхідну для досягнення оптимальної освітленості, а також обчислити потужність світильників для досягнення належного ефекту.

Нижче наведено формули, які дозволяють повністю провести ці розрахунки.

Площа світлових потоків, обчислюється за формулою: [10, 59]

$$S_{\Phi} = \frac{S_n \cdot K_{\text{ПО}} \cdot K_z}{h_{\Phi} \cdot 100 \cdot T_0 \cdot r_2 \cdot K_{\Phi}}, (1.1)$$

де S_n – площа підлоги приміщення, м²; K_z – коефіцієнт запасу; h_{Φ} – світлова характеристика світлового отвору; T_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання; r_2 – коефіцієнт відображення світла; K_{Φ} – коефіцієнт, що враховує тип світлового потоку.

Петрібний обсяг світильників можна розрахувати за наступною формулою: [10]

$$N_{\text{св}} = \frac{E_0 \cdot S \cdot k \cdot z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot j}, (1.2)$$

де E_0 – освітленість, лк; S – площа приміщення, м²; k – коефіцієнт запасу; z – коефіцієнт мінімальної освітленості; $\Phi_{\text{л}}$ – світловий потік, лм; n – кількість

ламп в одному світильнику; j – коефіцієнт використання світлового потоку.

Для розрахунку j потрібно визначити індекс приміщення: [10, 60]

$$j = \frac{A \cdot B}{(A+B) \cdot Hm}, (1.3)$$

де A – ширина кімнати, м; B – довжина кімнати, м; Hm – висота підвісу світильника над робочою поверхнею, м.

Сумарна потужність світильників розраховується за формулою: [10]

$$P_{\text{сум}} = N_{\text{св}} \cdot P_{\text{л}}, (1.4)$$

тут $P_{\text{л}}$ – потужність одного світильника, Вт.

Правильне освіта та відповідні стандарти в робочих приміщеннях дуже важливі для безпеки та здоров'я працівників, а також для підвищення їх продуктивності та якості роботи. Хороше освітлення знижує втому, підвищує увагу та ефективність, що позитивно впливає на прибуток компанії.

При створенні робочого місця потрібно виконати ергономічні вимоги, щоб зробити умови праці комфортними та здоровими. Це включає правильне розташування обладнання, вибір освіти та контроль температури і вологості.

Дотримання цих норм не тільки ефективність роботи, але й покращує здоров'я працівників та якість продукції. Це додатково зменшує витрати на медичне обслуговування, покращує атмосферу в колективі та забезпечує лояльність працівників до компанії.

В остаточному підсумку, забезпечення комфортних та безпечних умов праці сприяє загальному розвитку компанії та її конкурентоспроможності. Тому ергономічні вимоги до робочого місця — це основа для створення

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок та оптимізація освітлювальної системи

Для забезпечення якісного та рівномірного освітлення приміщення площею 534м² необхідно провести детальний аналіз параметрів приміщення та розрахувати оптимальну кількість світильників. Освітленість є одним із ключових чинників, що впливають на комфортність і продуктивність роботи в приміщенні. Правильний підбір кількості та типу світильників сприяє досягненню необхідного рівня освітленості відповідно до вимог до виконання робіт.

У даному підрозділі будуть виконані розрахунки параметрів приміщення, враховані його геометричні характеристики, призначення, а також визначені ключові показники освітлення, такі як світловий потік, коефіцієнт використання світлового потоку та запасу. На основі отриманих даних буде розраховано необхідну кількість світильників, підібрано відповідні моделі та запропоновано рекомендації щодо їх розташування в приміщенні.

Згідно креслення приміщення показаному в додатку А проводилися наступні розрахунки.

Розміри приміщення: довжина (А), ширина (В), висота (Нm) і площа ($S = A \times B$).

Довжина приміщення складає 38,3 м, ширина 14,2 м, виходячи з цих параметрів було розраховано площу приміщення яка становить 544 кв.м.

Призначення приміщення: виставковий зал меблів.

Використати формулу (1.2) для кількості світильників проводжу наступні розрахунки:

Вихідні дані:

$S=544 \text{ м}^2$

$E_0=400 \text{ лк}$ (для загального освітлення промислового приміщення),

$k=1,3k$

$$z=0,9$$

$$n=1$$

$$\Phi_{\text{л}}=8000 \text{ лм}$$

$$J=0,7 \text{ (типове значення для промислових приміщень)}$$

$$\text{Розрахунок: } N_{\text{св}} = \frac{400 \times 544 \times 1.3 \times 0.9}{8000 \times 1 \times 0.7} \approx 45 \text{ світильників}$$

Обчислимо:

Необхідна кількість світильників для приміщення площею 544 м² складає приблизно 45 штуки.

Виходячи з проведених розрахунків, для забезпечення належного рівня освітленості в приміщенні площею 544 м² (виставковий зал меблів), необхідна кількість світильників становить приблизно 45 одиниць. Цей результат отримано за допомогою формули, яка враховує такі параметри, як початкова освітленість (400 лк), коефіцієнт використання світлового потоку (1,3), коефіцієнт запасу (0,9), світловий потік одного світильника (8000 лм), а також коригувальний коефіцієнт (0,7) для промислових приміщень.

Для досягнення необхідної освітленості в виставковому залі меблів на площі 544 м² слід використовувати 45 світильників, що дасть змогу підтримувати рівень освітленості 400 лк, забезпечуючи комфортне і ефективне освітлення. Рекомендується врахувати, що для оптимального розподілу світла та досягнення рівномірної освітленості в залі важливо правильно спланувати розташування цих світильників.

2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення проектованої системи освітлення

У процесі розробки автоматизованої системи управління освітленням побутового приміщення важливим є вибір апаратного забезпечення, яке забезпечує функціональність, енергоефективність і гнучкість системи. Для реалізації цієї системи було вибрано мікроконтролер Arduino Mega 2560, а також комплект додаткових компонентів, які дозволяють повною мірою реалізувати функції автоматичного управління освітленням.

Arduino Mega 2560 (рис.2.1) було обрано як основний контролер через його технічні характеристики, які відповідають вимогам системи:



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд Arduino Mega 2560

Характеристики та переваги контролера Arduino Mega 2560

Широкі можливості підключення

Контролер оснащений 54 цифровими входами/виходами, з яких 15 підтримують широтно-імпульсну модуляцію (ШІМ), а також 16 аналоговими входами. Це дозволяє інтегрувати в систему різноманітні датчики (руху, освітленості, температури тощо) та виконавчі пристрої (реле, транзистори, димери тощо), що забезпечують багатофункціональність та адаптивність. [24]

Висока обчислювальна потужність

Arduino Mega 2560 працює на базовому процесорі ATmega2560 з тактовою частотою 16 МГц. Це забезпечує швидку обробку сигналів, виконання складних алгоритмів управління та реагування на зміни в реальному часі. [24, 41]

Достатній об'єм пам'яті

Флеш-пам'ять : Обсягом 256 КБ, що дозволяє завантажувати великі програми з численними функціями.

Оперативна пам'ять (SRAM) : 8 КБ, що підтримує зберігання тимчасових змінних під час виконання програми.

EEPROM : 4 КБ, використання для збереження налаштувань користувача та конфігурацій навіть після вимкнення живлення. [24, 43]

Гнучкість інтеграції модулів

Підтримка широкого спектру модулів, включаючи:

- Модулі бездротового зв'язку (ESP8266, Bluetooth) для віддаленого моніторингу та управління.
- LCD-екрани для виведення інформації.
- Різні типи датчиків для реалізації адаптивних функцій автоматизації. [24]

Простота програмування

Програмування здійснюється через інтуїтивно зрозуміле середовище Arduino IDE, що підтримує велику кількість бібліотек. Це дозволяє швидко створювати, тестувати та надавати додаткові програми навіть початківцям. [24, 44]

Надійність у роботі

Контролер стабільно працює в умовах змінного середовища, забезпечуючи точне виконання алгоритмів управління. Він стійкий до помилок у роботі за допомогою вбудованого захисного механізму. [24, 45]

Економічна ефективність

Arduino Mega 2560 пропонує високу функціональність за низькою

вартістю, що робить його доступним для навчальних, дослідницьких і комерційних проектів. [24, 46]

Енергоефективність

Низьке споживання енергії робить контролер оптимальним для застосування в автономних системах, які забезпечують акумуляторне живлення.

Сумісність із сучасними стандартами

Arduino Mega 2560 — це потужна плата, яку можна використовувати для створення різних електронних проектів, зокрема для автоматизації, як-от управління освітленням.

Вона має 54 цифрові піни, з яких 15 підтримують ШІМ (широко-імпульсну модуляцію), що дає можливість точно досягти яскравості світла. Крім того, плата має 16 аналогових входів, які дозволяють підключати датчики для різних вимірювань параметрів навколишнього середовища.

Також є 4 порти UART для підключення додаткових пристроїв.

Для початку роботи з Arduino Mega 2560 достатньо підключити її до комп'ютера через USB-кабель або підключити до джерела живлення. Після цього можна запрограмувати плату для виконання різних завдань, наприклад, для керування освітленням або роботи з датчиками.

Плата сумісна з безліччю додаткових модулів і сенсорів, що дозволяє легко розширити її можливості. Ви можете підключити різні пристрої для автоматизації процесів, збору даних або керування іншими електронними системами.

Завдяки своїм можливостям та сумісності з іншими пристроями, Arduino Mega 2560 є чудовим вибором для створення автоматизованих систем управління освітою, робототехнічних проектів та інших пристроїв, де потрібна велика кількість входів і виходів.

Схема показана в Додаток 1, вихідний проект та розташування виводів Розміщення виводів показано на рис.2.2.

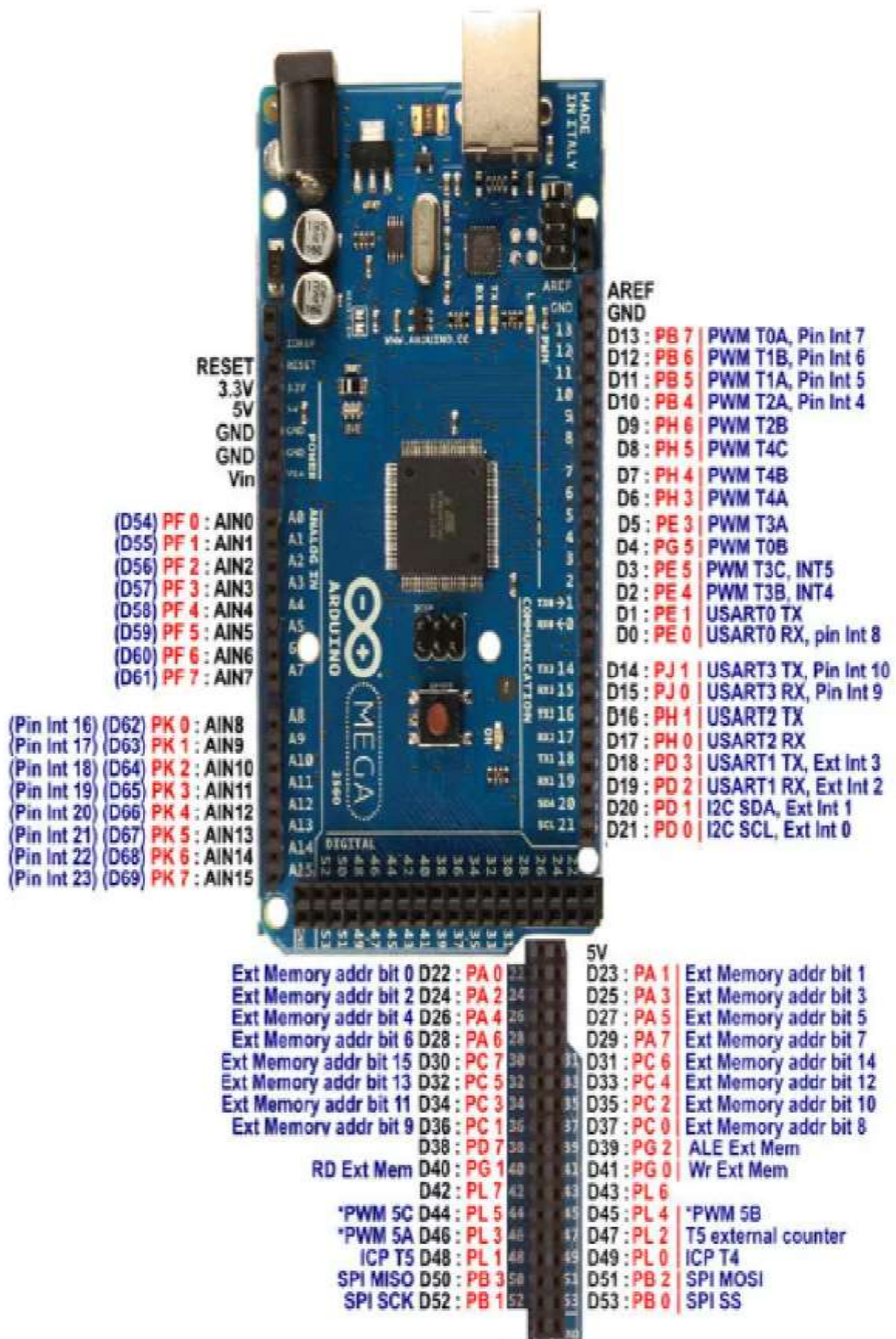


Рисунок 2.2 - Розміщення виводів Arduino Mega 2560

Характеристики мікроконтролера Arduino Mega 2560 наведені в таблиці 2.1

Мікроконтролер	ATmega2560
Робоча напруга	5В
Напруга живлення (рекомендована)	7-12В
Напруга живлення (гранична)	6-20В
Цифрові входи/виходи	54 (з яких 15 можуть використовуватися як ШИМ-виходів)
Аналогові входи	16
Максимальний струм одного висновку	40 мА
Максимальний вихідний струм виведення 3.3V	50 мА
Тактова частота	16 МГц
Максимальний вихідний струм виведення 3.3V	50 мА
Flash-пам'ять	256 КБ, з яких 8 КБ використовуються завантажувачем
SRAM	8 КБ
EEPROM	4 КБ

Таб. 2.1 Характеристики мікроконтролера Arduino Mega 2560

Живлення мікроконтролера Arduino Mega 2560

Живлення Arduino Mega 2560 може виконуватися через USB або зовнішнє джерело, при цьому тип джерела вибирається автоматично.

Для зовнішнього живлення можна використовувати AC/DC-адаптер або акумулятор/батарею. Штекер адаптера (діаметр 2,1 мм, центральний контакт –

позитивний) необхідно підключити до відповідного роз'єму на платі.

Якщо живлення створено від акумулятора чи батареї, слід підключити до виводів Gnd і Vin на роз'ємах POWER.

Напруга зовнішнього джерела живлення має бути в межах від 6 до 20 В. Проте, якщо напруга нижча за 7 В, напруга на виведені 5В може потрапити, що може призвести до нестабільної роботи плати. Висока напруга понад 12 В може задіяти перегрів стабілізатора і привести до пошкодження плати. Тому використовують джерело живлення з напругою в межах від 7 до 12 В

VIN : Це вид для подачі зовнішнього живлення на платі. Через нього можна подавати зовнішнє живлення або споживати струм, якщо пристрій живеться від адаптера.

5V : Це вид для стабілізованої напруги 5 В, яка надходить від стабілізатора на платі. Він забезпечує стабільну напругу незалежно від джерела живлення (адаптер, USB або VIN). Не використовуйте цей вивід для підключення пристроїв, оскільки це можна призвести до виходу з ладу стабілізатора.

3V3 : Це вид для стабілізованої напруги 3.3 В, яка також виходить від стабілізатора напруги на платі.

GND : Виводи для підключення до землі.

IOREF : Цей вивід допоможе платам розширення (шилдам) робочу напругу мікроконтролера на платі Arduino. Він дозволяє платам розширення розширення, чи працює мікроконтролер з напругою 5V або 3.3V. В залежності від напруги, яку зчитує вивід IOREF, розширення плати може автоматично підлаштуватися до відповідної напруги

Мікроконтролер ATmega2560 забезпечує такі можливості зберігання даних:

Флеш-пам'ять : 256 КБ для програмного коду, з яких 8 КБ зарезервовано для завантажувача. Це дозволяє використовувати складні програми з багатозадачністю та великим обсягом алгоритмів.

Оперативна пам'ять (SRAM) : 8 КБ для зберігання тимчасових даних під час виконання пам'яті програми.

Постійна пам'ять (EEPROM) : 4 КБ для збереження параметрів, які зберігаються навіть після вимкнення живлення. Робота з EEPROM запускається за допомогою відповідної бібліотеки. [24, 46]

Входи та виходи Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 має 54 цифрових висновки, кожен із яких можна налаштувати як вхід або вихід за допомогою функцій `pinMode()` , `digitalWrite()` , `digitalRead()` . Напруга на виводах обмежена 5 В, а максимальний струм, який можна віддавати або споживати один вивід, становить 40 мА. Всі виводи оснащені внутрішніми резисторами номіналом 20–50 кОм без стандартного налаштування, деякі виводи забезпечують додаткові функції:

Наступний інтерфейс (Serial): виводи 0 (RX) та 1 (TX), 19 (RX) та 18 (TX), 17 (RX) та 16 (TX), 15 (RX) та 14 (TX).

Використовуються для отримання (RX) та передачі (TX) даних через UART. Виводи 0 і 1 з'єднані з мікросхемою ATmega16U2, що перетворює USB-UART.

Зовнішні переривання: виводи 2 (переривання 0), 3 (переривання 1), 18 (переривання 5), 19 (переривання 4), 20 (переривання 3), 21 (переривання 2).

Використовуються для реагування на події: зміна сигналу, фронт, спад або низький рівень сигналу.

Широтно-імпульсна модуляція (ШИМ):

Виводи 2–13 та 44–46.

Застосування функції `analogWrite()` дозволяє генерувати аналогові сигнали у вигляді ШИМ-сигналів (8-бітове значення).

Інтерфейс SPI:

Використовується для високошвидкісного зв'язку між пристроями через бібліотеку SPI.

Інтерфейс TWI: виводи 20 (SDA) і 21 (SCL).

Використовується для двопровідного зв'язку за допомогою бібліотеки Wire.

Аналогові входи: 16 аналогових входів здатні представляти напругу у вигляді 10-бітного числа (1024 значення).

Вхід AREF забезпечує опорну напругу для аналогових входів, що знімається функцією `analogReference()` .

Кнопка скидання (Reset): формування низького рівня (LOW) на виводі Reset перезавантажує мікроконтролер. Ця функція також доступна через кнопку на платі або платі розширення.

Вбудований світлодіод: з'єднаний із виводом 13.

Світлодіод вмикається при значенні HIGH і вимикається при значенні LOW.

Додаткові особливості

Електрична сумісність, усі виводи пристрою можуть працювати із зовнішніми датчиками та виконавчими пристроями, дотримуючись обмеження струму та напруги.

Гнучкість у використанні, можливість підключення модулів (Wi-Fi, Bluetooth, дисплеї) та застосування стандартних бібліотек.

Стабільність роботи Arduino Mega 2560 дозволяє створювати стабільні системи, які працюють в режимі реального часу за рахунок функціональних переривань і підтримки численних інтерфейсів.

Arduino Mega 2560 — це потужна і універсальна плата, яка ідеально підходить для створення різних проектів, таких як автоматизація освітлення, розумні будинки, промислові системи та інші. Вона має багато входів і виходів, що дає можливість підключати різні пристрої.

Зв'язок Arduino Mega 2560

Ця плата може підключатися до комп'ютера або інших пристроїв різними способами. Вона має чотири апаратних порти UART для підключення до інших пристроїв за допомогою наступних інтерфейсів. Для зв'язку з комп'ютером використовується мікроконтролер ATmega16U2, який дозволяє платі визначатися як віртуальний COM-порт після підключення до ПК. У Windows потрібно встановити драйвера, а в системах OSX і Linux автоматично розпізнає плату.

Arduino Mega також підтримує інші способи зв'язку, такі як I2C (TWI) і SPI, що дозволяє підключати різні пристрої, наприклад, датчики або дисплеї.

Для роботи з I2C є спеціальна бібліотека Wire , яка полегшує підключення таких пристроїв.

Програмування Arduino Mega 2560

Плата вже має завантажувач, який дозволяє завантажувати програми без використання додаткових пристроїв. Завантаження здійснюється через USB, і для цього використовується стандарт STK500 . Якщо потрібно, можна також перепрограмувати плату через роз'єм ICSP за допомогою зовнішнього програматора.

Arduino Mega 2560 має багато пінів для підключення різних датчиків, пристроїв і компонентів. Це робить її ідеальним вибором для великих проектів, таких як розробка робіт автоматизованих систем.

Автоматичне скидання

Плата може автоматично перезавантажуватися, якщо потрібно завантажити нову програму, без натискання кнопки скидання. Таким чином, кожен раз, коли новий код завантажується на плату, він автоматично перезавантажується і дозволяє відмовитися від нової програми. В деяких операційних системах, як Mac OS X або Linux, може бути необхідна невелика затримка перед введенням перших даних після скидання. Це пов'язано з тим, що операційні системи можуть потребувати трохи більше часу для коректної обробки сигналу та налаштування з'єднання з платою.

Захист USB-порту

Плата має вбудовані захисні запобіжники для захисту USB-порту від коротких замикань і перевантаження. Якщо плата споживає більше ніж 500 мА, запобіжник автоматично відключає її, щоб захистити комп'ютер.

Це додатково запобігає виникненню неполадок і зберігає комп'ютер та плату Arduino в цілості, запобігаючи їх пошкодженню через «гаряче» споживання або енергію.

Розміри плати

Розміри Arduino Mega 2560 — 10,2 см в довжину і 5,4 см в ширину. Є три отвори для кріплення на поверхнях. Зазначимо, що відстань між пинами 7 і 8 на платі становить 4 мм замість стандартних 2,54 мм.

Сумісність з іншими платами

Arduino Mega 2560 сумісна з багатьма іншими платами Arduino, такими як Uno, Diecimila і Duemilanove. Це означає, що можна використовувати ті самі бібліотеки, програмне забезпечення та модулі, які працюють з іншими платформами. Завдяки цьому можна легко переносити проекти між широкими платами Arduino, не змінюючи код або схеми підключення. Також це дозволяє використовувати вже готові аксесуари та рішення для інших плат, що полегшує розробку.

Інтерфейси для з'єднання

Плата підтримує декілька типів об'єднаних для підключення різних пристроїв. Плата вибирає кілька типів інтерфейсів для підключення різних пристроїв. Це дозволяє підключати сенсори, виконавчі механізми та інші електронні компоненти для створення різноманітних проектів. Arduino Mega 2560 — це хороша плата для складних проектів, таких як автоматизація приміщень або робототехніка, тому вона має велику кількість пінів і різноманітних інтерфейсів, що дає можливість зручно інтегрувати багато різних пристроїв.

Датчики та виконавчі пристрої

Для реалізації автоматизованої системи управління освітленням було обрано наступні компоненти:

1. Датчики:

- Датчики руху (PIR-сенсори):
 - Визначають присутність людини в приміщенні та подають сигнал на контролер для включення освітлення.
 - Низьке енергоспоживання (до 50 мкА) і висока чутливість.
- Датчики освітленості (LDR або аналоги):
 - Вимірюють рівень природного освітлення, що дозволяє регулювати яскравість штучного світла.

- Мають просту інтеграцію з аналоговими входами Arduino.
- Можливе використання датчика температури та вологості (DHT22):
 - Використовується для створення додаткових умов управління освітленням залежно від зовнішніх факторів.

2. Активаційні пристрої:

- Модуль реле:
 - Забезпечує комутацію освітлювальних приладів із високою напругою (220 В) на основі команд від Arduino.
 - Підтримує управління потужними лампами чи іншими електричними пристроями.
- Транзистори (MOSFET):
 - Використовуються для плавного регулювання яскравості LED-освітлення за допомогою ШІМ-сигналу з Arduino.
- Смарт-лампи з підтримкою димування:
 - Дозволяють змінювати яскравість і колірне рішення освітлення.

3. Джерело живлення:

- Arduino Mega 2560 живиться від адаптера 5 В або USB. У випадку підключення реле або потужного освітлення потрібне стабільне живлення з урахуванням сумарного споживання.

Переваги вибору апаратного забезпечення

1. Модульність і масштабованість:

- Обране апаратне забезпечення дозволяє розширювати систему, додаючи нові функції, такі як управління через мобільний додаток або інтеграція з іншими "розумними" системами будинку.

2. Енергозбереження:

- Завдяки використанню датчиків руху та освітленості система дозволяє значно зменшити витрати на електроенергію.

3. Гнучкість налаштувань:

- Arduino Mega 2560 легко перепрограмується, що дозволяє швидко змінювати алгоритми роботи для адаптації під різні потреби користувача.

Обмеження та ризики

1. Енергоспоживання: під час підключення великої кількості компонентів може бути потрібне окреме живлення для датчиків і виконавчих пристроїв.
2. Складність монтажу: інтеграція реле та підключення високовольтних ланцюгів вимагає відповідності електробезпеці.
3. Обмеження продуктивності: Arduino Mega 2560 має обмежену потужність процесора, що може бути недостатнім для складних алгоритмів, якщо до системи додати багато нових функцій.

Обраний комплект апаратного забезпечення забезпечує оптимальний баланс між функціональністю, ціною та простотою реалізації, що робить його ідеальним рішенням для розробки автоматизованої системи управління освітленням.

Вибір світильників

Свою увагу я зупинив на світильниках фірми Philips, обравши модель CoreLine Waterproof WT120C — це лінійний LED-світильник, спеціально розроблений для використання в умовах підвищеної вологості та пилу.



Рисунок 2.3 – Світильник CoreLine Waterproof WT120C

Він ідеально підходить для промислових приміщень, складів, паркінгів та інших об'єктів, де необхідний високий рівень захисту.

Основні характеристики світильника CoreLine Waterproof WT120C:

Потужність: від 17,6 Вт до 68 Вт, залежно від моделі.

Світловий потік: від 2 100 лм до 8 000 лм.

Ефективність: до 140 лм/Вт.

Колірна температура: 4000 К (нейтральне біле світло).

Індекс передачі кольору (CRI): ≥ 80 .

Ступінь захисту: IP65, що забезпечує повний захист від пилу та захист від струменів води з будь-якого напрямку.

Індекс механічної стійкості (IK): IK08, що вказує на високу стійкість до механічних пошкоджень.

Робочий температурний діапазон: від -20°C до $+35^{\circ}\text{C}$.

Термін служби: до 50 000 годин.

Гарантія: 5 років.

Переваги:

- Енергоефективність: Значна економія енергії порівняно з традиційними люмінесцентними світильниками.
- Довговічність: Довгий термін служби зменшує витрати на обслуговування та заміну ламп.
- Простота монтажу: Легко встановлюється завдяки універсальним кріпленням та різним варіантам підключення.
- Універсальність: Підходить для різних типів приміщень,

включаючи паркінги, склади, виробничі цехи та інші об'єкти з підвищеними вимогами до освітлення.

Доступні моделі:

- WT120C G2 LED60S/840 PSU L1500: Потужність 60 Вт, світловий потік 8 000 лм, довжина 1500 мм.
- WT120C G2 LED40S/840 PSU L1200: Потужність 40 Вт, світловий потік 5 600 лм, довжина 1200 мм.
- WT120C G2 LED20S/840 PSU L600: Потужність 20 Вт, світловий потік 2 800 лм, довжина 600 мм. [21, 45, 46]

Застосування:

Паркінги: Забезпечує яскраве та рівномірне освітлення для підвищення безпеки. [21]

Склади та логістичні центри: Покращує видимість та ефективність роботи. [21, 53]

Виробничі приміщення: Стійкість до вологи та пилу робить його ідеальним для таких умов. [21, 54]

Комерційні об'єкти: Підходить для магазинів, супермаркетів та інших комерційних приміщень. [21]

Вибір реле.

Для мого проєкту автоматизованого освітлення, де потрібно керувати кількома зонами освітлення (5 зон), мені підходять релейні модулі 5V на 8 каналів. Модуль на 8 каналів дозволить контролювати всі п'ять зон з деяким резервом, а також зручність управління кількома світильниками через один модуль.

Тип реле:

Модуль Songle SRD-05VDC-SL-C (рис. 2.4) на 8 каналів є відмінним вибором для мого проєкту автоматизованого освітлення, оскільки дозволяє керувати кількома зонами освітлення або іншими пристроями. Він забезпечує стабільну роботу з Arduino і має достатню потужність для управління пристроями на 220V. [25]



Рисунок 2.4 - Модуль Songle SRD-05VDC-SL-C

Робоча напруга управління: 5V DC (підходить для вашого Arduino Mega 2560, яке працює на 5V).

Максимальний струм: 10A для 250V AC або 10A для 30V DC. Це достатньо для контролю 220V світильників, як у вашій схемі.

Кількість каналів: 8, що дозволяє вам управляти 5 зонами освітлення з можливістю додавання ще кількох каналів для розширення в майбутньому.

Тип підключення: Стандартні контактні роз'єми для підключення проводів, що дозволяє зручно з'єднувати реле з Arduino та світильниками. [25]

Вибір датчиків:

1. PIR датчики руху (HC-SR501) (Рис. 2.5)

HC-SR501 — це один з найбільш популярних датчиків руху, який можна використовувати для автоматичного ввімкнення освітлення при виявленні руху в зоні спостереження. Цей датчик працює за допомогою інфрачервоного сенсора, що дозволяє йому виявляти зміну температури (наприклад, рух людини).



Рисунок 2.5 - PIR датчики руху HC-SR501

Характеристики:

Напруга живлення: 5V DC (підходить для живлення від Arduino або іншого мікроконтролера).

Робочий струм: близько 10-20mA.

Початковий струм (активізація): до 50mA.

Чутливість: регулюється за допомогою потенціометра (на датчику можна налаштувати чутливість і час роботи після виявлення руху).

Діапазон виявлення: до 5-7 метрів в залежності від кута огляду та умов навколишнього середовища.

Кут огляду: 120 градусів (залежно від моделі).

Вихідний сигнал: Вихідний сигнал "HIGH" (5V), коли виявлено рух, і "LOW" (0V) при відсутності руху.

Інтерфейс: простий цифровий вихід (підходить для підключення безпосередньо до Arduino або іншого мікроконтролера).

Підключення:

Підключення до Arduino здійснюється через цифрові піні. Датчик має три контакти: VCC (живлення 5V), GND (земля) та OUT (вихід для сигналу, який активується при виявленні руху). [20]

Застосування:

Встановлюється в приміщеннях для автоматичного ввімкнення освітлення при виявленні руху людини або тварини.

Датчики освітленості (LDR)

Для регулювання освітлення в залежності від рівня природного світла, можна використовувати фоторезистори (LDR). Це прості сенсори, які змінюють своє опір залежно від рівня освітленості, що дозволяє використовувати їх для автоматичного керування освітленням.

Моделі LDR для автоматизованої системи освітлення:

Тип: Фоторезистор (LDR) – світлочутливий елемент, опір якого зменшується при збільшенні освітленості.

GL5528 — це один із найбільш популярних фоторезисторів (LDR), який використовуються в різних електронних проєктах для вимірювання рівня освітленості. (Рис. 2.6)



Рисунок 2.6 – Фоторезистор GL5528

Основні характеристики GL5528:

Тип: Фоторезистор (LDR — Light Dependent Resistor).

Діапазон опору:

В темряві: до 10 МОм.

При яскравому світлі: від 100 Ом до кількох кОм.

Опір змінюється в залежності від кількості світла, яке потрапляє на фоторезистор.

Напруга живлення: Працює при живленні 5V або 3.3V, тому підходить для використання з Arduino та іншими мікроконтролерами.

Температурний діапазон: Працює в діапазоні температур від -40°C до +85°C.

Призначення: Вимірювання рівня освітленості для автоматизації систем освітлення, екологічних моніторингів, вуличних ліхтарів, фотоапаратів тощо.

Розмір: Маленький корпус, зазвичай з двома контактами для підключення до схеми.

Принцип роботи:

Фоторезистор GL5528 працює за принципом зміни свого опору в залежності від кількості світла, що потрапляє на його поверхню. У темряві його опір дуже високий (десятки МОм), а при потраплянні світла на поверхню опір різко зменшується (до кількох сотень Ом). Таким чином, фоторезистор дозволяє мікроконтролерам визначати рівень освітленості в реальному часі. [25]

Підключення:

Один контакт фоторезистора підключається до живлення (5V або 3.3V). Інший контакт підключається до входу Arduino або іншого мікроконтролера. Між входом мікроконтролера та землею необхідно підключити резистор (10 кОм), який працюватиме як pull-down резистор, щоб стабілізувати показники, коли фоторезистор не отримує світла.

Застосування:

Автоматизація освітлення: наприклад, коли рівень освітленості в приміщенні падає (вечір чи ніч), фоторезистор може активувати освітлення. **Регулювання яскравості екранів:** в деяких пристроях фоторезистор використовується для автоматичного регулювання яскравості екранів на основі навколишнього освітлення. [20]

Переваги GL5528:

Простота використання: легко інтегрується з мікроконтролерами, такими як Arduino або ESP32.

Доступність і ціна: це дуже бюджетний компонент для вимірювання освітленості.

Надійність: Має стабільну роботу в широкому діапазоні умов. GL5528 — це хороший вибір для проектів, де потрібно виміряти рівень освітленості та автоматично реагувати на зміни в освітленні. Це дуже зручний і доступний компонент, який забезпечує точні показники для різних систем

автоматизації, таких як освітлення чи контроль екологічних умов. [20]

Джерело живлення

MeanWell HDR-15-12 — це імпульсний блок живлення, розроблений для живлення електронних пристроїв з постійним струмом 12V DC. Цей блок живлення особливо підходить для проектів, що вимагають більшої потужності та стабільності в роботі з Arduino і іншими периферійними компонентами, такими як датчики, реле та світильники.



Рисунок 2.8 - Джерело живлення MeanWell HDR-15-12

Технічні характеристики:

Напруга на виході: 12V DC

Максимальна потужність: 15W

Максимальний струм: 2A

Вхідна напруга: 85V до 264V AC (широкий діапазон для роботи в різних регіонах)

Вихідний струм: 2A при 12V DC

Частотний діапазон: 47 - 63 Hz

Ефективність: до 88% (в залежності від навантаження)

Температурний діапазон роботи: від -20°C до +70°C

Захист: Перевантаження, коротке замикання, перегрів

Розміри: 75 мм (ширина) × 90 мм (довжина) × 35 мм (висота)

Підключення: Стандартний DC-роз'єм (5.5mm/2.1mm), що підходить для підключення до більшості плат Arduino.

Особливості:

Компактний дизайн: Блок має невеликі габарити, що дозволяє використовувати його в обмежених просторах.

Висока надійність: Як і всі блоки живлення MeanWell, HDR-15-12 відрізняється високою надійністю та довговічністю. Завдяки наявності вбудованих захисних функцій, цей блок може працювати в складних умовах без ризику пошкодження.

Широкий діапазон вхідної напруги: Підтримує вхідну напругу від 85V до 264V AC, що робить його універсальним для різних регіонів.

Підходить для використання з LED-світильниками, Arduino та іншими компонентами: Особливо корисний у проектах, де є потреба в стабільному живленні 12V для різноманітних пристроїв. [25]

Переваги:

Підвищена потужність: 15W дозволяє підключати до 2A навантаження, що робить цей блок ідеальним для проектів, де потрібна підвищена потужність для живлення кількох компонентів.

Універсальність: Підходить для використання в багатьох різних проектах — від простих систем до більш складних автоматизованих рішень, таких як проектована система освітлення.

Захист: Вбудовані функції захисту, що запобігають пошкодженню при перевантаженнях або коротких замиканнях.

Енергоефективність: Висока ефективність (до 88%), що дозволяє знизити втрати енергії.

Застосування:

Arduino Projects: Для живлення плат Arduino Mega 2560, датчиків, реле та інших компонентів. [22]

LED-світильники: Ідеально підходить для LED-світильників та інших пристроїв, які потребують 12V DC.

Інші пристрої: Може використовуватись для живлення будь-яких

пристроїв, що потребують постійного струму 12V і максимального струму до 2A.

Підключення:

Підключається через стандартний DC-роз'єм (5.5mm/2.1mm). Зазвичай це використовується для підключення до Arduino та інших електронних пристроїв. Вхідна напруга 220V AC підключається безпосередньо до входу блоку живлення.

MeanWell HDR-15-12 — це високоякісний, надійний та енергоефективний блок живлення, який підходить для різних проектів з Arduino та іншими компонентами. Він надає стабільне 12V живлення з високим рівнем захисту і є відмінним вибором для вашої автоматизованої системи освітлення.

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розробка схеми

У даному підрозділі буде розглянуто розробку схеми для автоматизованої системи управління освітленням, що забезпечує зручне та енергоефективне керування освітленням приміщень. Задача полягає у створенні системи, в якій групи світильників працюють залежно від рівня освітленості та наявності руху в приміщенні. Для цього будуть використані фоторезистори для вимірювання рівня освітленості та датчики руху для визначення присутності людей.

Система передбачає поділ приміщення на 5 груп світильників, зокрема для груп 1, 3 і 5 передбачено управління через фоторезистори та датчики руху, з можливістю плавного вмикання та вимикання за допомогою PWM (широтно-імпульсної модуляції). Для груп 2 і 4 управління буде здійснюватися тільки через фоторезистор, без врахування руху.

Таким чином, основними вимогами є зручність та енергоефективність, а також комфортність роботи освітлення через використання плавного регулювання яскравості.

У цьому підрозділі буде описано етапи реалізації цієї системи: підключення всіх компонентів, вибір необхідних пристроїв для управління.

Для підключення Arduino до блоку живлення MeanWell HDR-15-12, який має вихід на 12 В і 1,25 А, потрібно розуміти, як правильно підключити блок живлення та забезпечити стабільне живлення для вашої плати Arduino Mega 2560.

Підключення Arduino до MeanWell HDR-15-12:

1. Підключення блоку живлення до мережі (AC):

Блок живлення MeanWell HDR-15-12 має два входи для підключення змінного струму (AC): L (фаза) і N (нуль).

2. Підключаємо ці входи до джерела змінного струму (220 В).

Підключення виходу блоку живлення (DC) до Arduino:

Вихід блоку живлення надає стабільну напругу 12 В постійного струму через два контакти: +12V та GND (мінус).

Підключіть +12V до Vin (вхід для живлення) на Arduino Mega 2560.

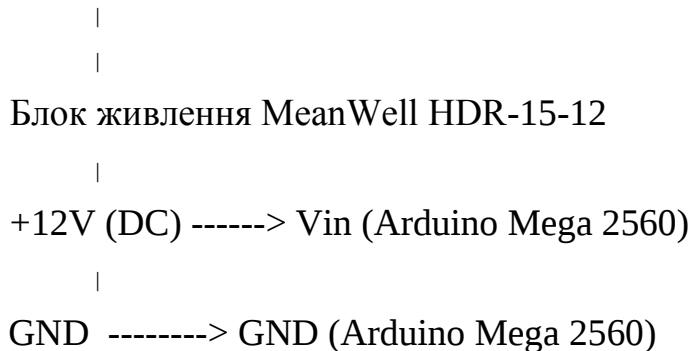
Підключіть GND до GND на Arduino.

Захист від перевантаження:

Блок живлення MeanWell HDR-15-12 має захист від перевантаження, тому він автоматично вимикається в разі перевищення максимальної потужності, що може бути корисним для захисту системи.

Схема підключення:

Змінний струм (220 В)



Блок живлення надає стабільне 12 В, що підходить для живлення Arduino Mega 2560 через пін Vin. Вхідний пін Vin дозволяє приймати більш високі значення напруги (від 7 до 12 В).

При використанні Vin Arduino самостійно регулює напругу до 5 В за допомогою вбудованого регулятора на платі.

Це дозволяє підключати ваш Arduino безпосередньо до 12 В джерела живлення без необхідності додаткових регуляторів або перетворювачів.

З таким підключенням наша система повинна працювати стабільно і ефективно.

Підключення релейних модулів SONGLE SRD-05VDC-SL-C

Щоб детально описати підключення релейних модулів до Arduino, потрібно розглянути кілька важливих аспектів: фізичне підключення релейних модулів, їх підключення до високовольтних ліній для управління світильниками, а також принципи роботи.

Це можна реалізувати наступним чином:

1. Підключення релейного модуля до Arduino:

Релейний модуль має кілька виводів:

VCC — для живлення модуля (5V від Arduino).

GND — для спільного з'єднання із землею (GND) Arduino.

IN — для вхідного сигналу управління (з Arduino).

NO (Normally Open) — вивід, через який підключається один з проводів для управління.

NC (Normally Closed) — додатковий вивід для комутації.

COM — спільний контакт, до якого підключається другий провід високовольтного ланцюга.

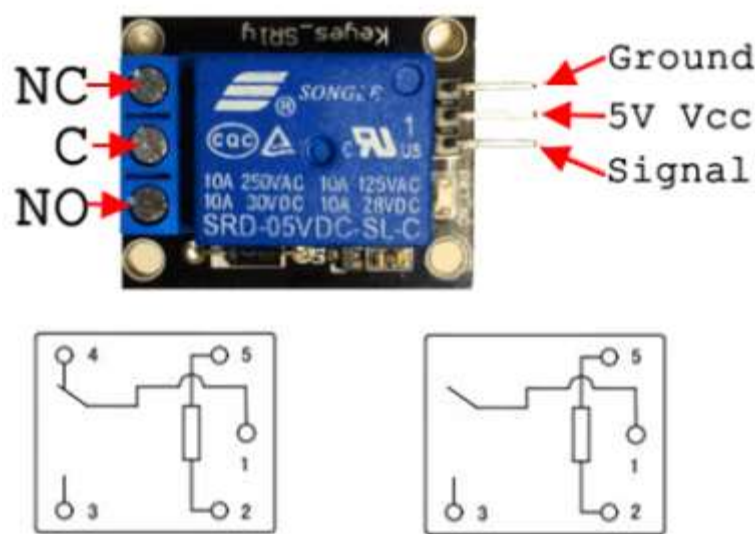


Рис. 3.1 Контактна схема Songle SRD-05VDC-SL-C

2. Підключення релейних модулів до ліній живлення світильників:

Релейні модулі дозволяють комутувати високовольтні лінії, які забезпечують живлення для світильників. Важливо правильно підключити комутуючі контури (NO/NC) з необхідною дотримання безпеки при роботі з високовольтним струмом.

Високовольтне підключення:

NO (Normally Open) і COM — це основні контакти, через які проходить комутуючий ланцюг. Якщо реле активне (включено), то контакт NO з'єднується з COM, і ланцюг замкнений, що дозволяє подачу електрики на світильники.

Якщо реле вимкнене (неактивне), контакт NO не з'єднується з COM, і електрика не надходить до світильників.

У випадку, щоб світло було увімкнене за умовами датчиків (фоторезистор, PIR), підключаємо один провід від COM до джерела живлення (наприклад, фазу з розетки 220 В). Другий провід підключається до NO на релейному модулі, а інший кінець світильника підключається до нейтралі.

Безпека при роботі з високою напругою:

Переконайтеся, що живлення 220 В підключено правильно, і обов'язково використовуйте ізоляцію для проводки та з'єднань. Це знижує ризик короткого замикання або ураження електричним струмом.

Використовуємо відповідні кабелі (січення жили 1.5), що відповідають потужності світильників (потрібно враховувати загальну потужність всіх світильників у групі).

Підключення до Arduino:

Пін Arduino Mega 2560	Пін релейного модуля	Опис підключення
5V	VCC (Relay)	Подавання живлення 5V на релейний модуль
GND	GND (Relay)	З'єднання заземлення (GND) з релейним модулем
D7	IN (Relay 1)	Керування першим реле для групи світильників 1
D8	IN (Relay 2)	Керування другим реле для групи світильників 2
D9	IN (Relay 3)	Керування третім реле для групи світильників 3
D10	IN (Relay 4)	Керування четвертим реле для групи світильників 4
D11	IN (Relay 5)	Керування п'ятим реле для групи світильників 5

таб. 3.1 Підключення релейного модуля Songle SRD-05VDC-SL-C

Підключення димера :

Якщо нам потрібно плавно регулювати яскравість світильників через PWM, нам потрібно підключити димери до NO виходу релейного модуля. Це дозволить змінювати потужність, яка надходить на світильники.

Димер буде працювати через PWM сигнали, що надходять з Arduino, і керуватиме потужністю світильників через релейний модуль.

Для кожної групи світильників використовуйте окремий релейний канал. Перевіряємо, чи кожен релейний модуль може витримати навантаження на кожен канал, враховуючи потужність світильників.

Використовуємо пристрої, які мають захист від короткого замикання та перевантаження для додаткової безпеки.

Це основні кроки для підключення релейних модулів до Arduino для управління світильниками через високовольтні лінії.

Підключення фоторезистора

Для реалізації системи управління освітленням з фоторезисторами, необхідно повністю продумати схему підключення фоторезисторів до Arduino для кожної групи світильників.

Детальний опис підключення фоторезистора

1. Принцип роботи фоторезистора :

Фоторезистор (GL5528) змінює свій опір залежно від рівня освітленості: при яскравому світлі його опір низький, а в темряві — високий.

2. Підключення фоторезистора до Arduino :

Фоторезистор необхідно підключити до Arduino через дільник напруги відповідно Таблиці 3.2 та схеми рис. 3.2 для кожної з груп світильників.

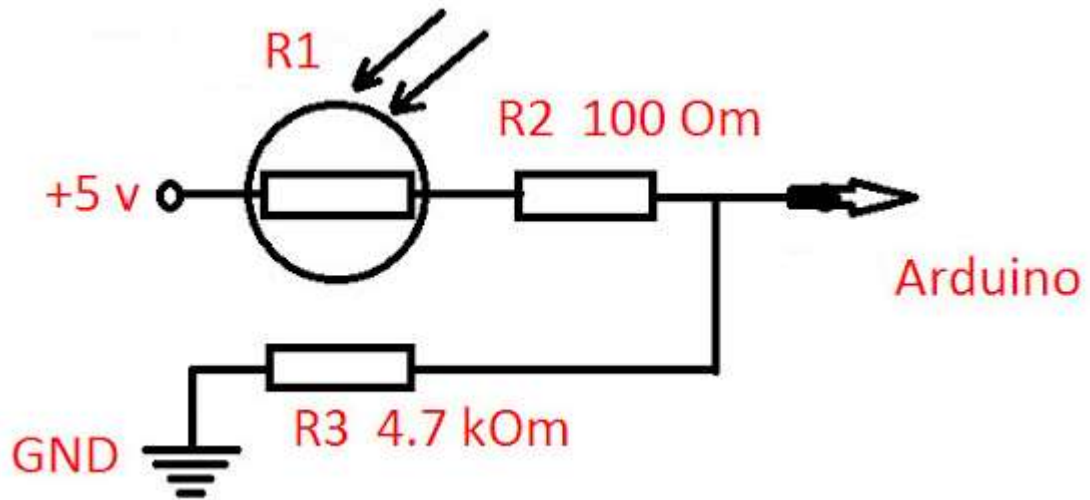


рис. 3.2 Схема підключення фоторезистора GL5528 до Arduino

Група світильників	Контакт фоторезистора	Аналоговий вхід Arduino	Резистор	Підключення резистора
Група 1	Один контакт підключається до 5V	A0	10 кОм	Один кінець до A0 , інший до GND
Група 2	Один контакт підключається до 5V	A3	10 кОм	Один кінець до A3 , інший до GND
Група 3	Один контакт підключається до 5V	A1	10 кОм	Один кінець до A1 , інший до GND
Група 4	Один контакт підключається до 5V	A4	10 кОм	Один кінець до A4 , інший до GND
Група 5	Один контакт підключається до 5V	A2	10 кОм	Один кінець до A2, інший до GND

таб. 3.2 Підключення фоторезисторів в схемі

Підключення датчиків руху HC-SR501 до Arduino

Для підключення датчиків руху HC-SR501 до Arduino, необхідно правильно організувати з'єднання, щоб система могла правильно отримувати сигнали від датчиків і реагувати на них відповідно до заданих умов. Датчики PIR мають три основних підключення: живлення (VCC), земля (GND) та вихідний сигнал (OUT). Вихідний сигнал, коли рух виявлено, подає HIGH сигнал на вхід Arduino, що дозволяє програмно активувати або деактивувати відповідні групи світильників через реле-модулі.

Таким чином, система може автоматично включати або вимикати світло, коли датчик виявляє рух, і використовувати фоторезистор для визначення рівня освітленості. Це дозволяє забезпечити ефективне управління освітленням з

урахуванням як руху в приміщенні, так і природного освітлення.

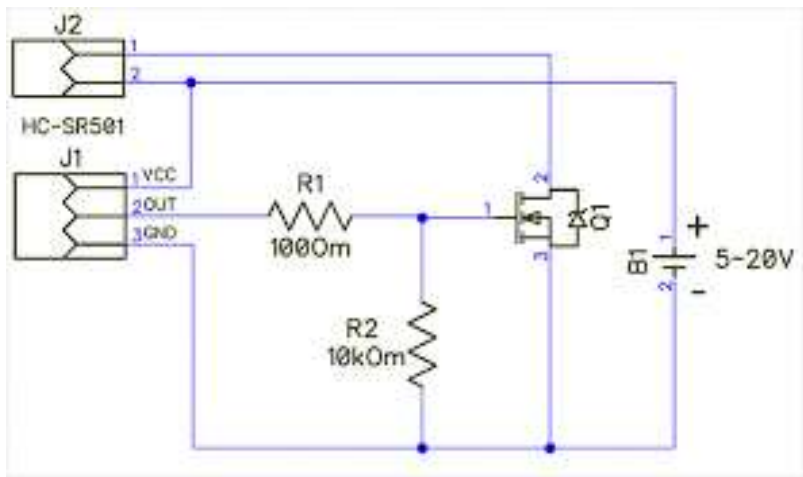


рис. 3.3 Схема підключення датчика руху HC-SR501

Згідно розробленої схеми автоматичного освітлення приміщення групи світильників 1,3,5 будуть працювати з датчиками руху.

Підключення :

- 1. VCC (живлення) датчика PIR:

Підключити до 5V на Arduino для живлення датчика.

- 2. GND (земля) датчика PIR:

Підключити до GND на Arduino.

- 3. OUT (вихід сигналу) датчика PIR

Підключити до одного з цифрових входів Arduino D2, D3, D4 для груп 1, 3, 5).

Пін на датчику PIR	Пін на Arduino	Опис
VCC	5V	Підключення живлення
GND	GND	Підключення землі
OUT	D2 (для групи 1)	Вихід сигналу на цифровий вхід Arduino
OUT	D3 (для групи 3)	Вихід сигналу на цифровий вхід Arduino
OUT	D4 (для групи 5)	Вихід сигналу на цифровий вхід Arduino

таб. 3.3 Схема підключення датчика руху HC-SR50

Для створення ефективної автоматизованої системи управління освітленням важливо правильно організувати підключення світильників. У цій системі світильники згруповані в 5 окремих зон, кожна з яких має свою специфіку управління. Це дозволяє забезпечити оптимальне освітлення приміщення, знизити енергоспоживання та створити комфортні умови.

Підключення світильників передбачає використання релейних модулів для комутації електричних ліній, а також димерів для реалізації плавного вмикання/вимикання. Управління всіма компонентами здійснюється за допомогою Arduino Mega 2560, що отримує сигнали від датчиків руху і фоторезисторів.

Дана схема передбачає розділення системи на дві основні логіки:

Групи з плавним вмиканням і вимиканням освітлення (1, 3, 5).

Групи з прямим увімкненням/вимкненням (2, 4).

Правильне підключення світильників є основою для стабільної роботи системи і забезпечує її функціональність відповідно до заданих умов.

Підключення світильників до реле:

Кожна група світильників підключена до окремого каналу реле:

Група 1: 9 світильників (25 Вт кожен), загальна потужність 225 Вт.

Група 2: 9 світильників(25 Вт кожен), загальна потужність 225 Вт.

Група 3: 9 світильників(25 Вт кожен), загальна потужність 225 Вт.

Група 4: 9 світильників(25 Вт кожен), загальна потужність 225 Вт.

Група 5: 9 світильників(25 Вт кожен), загальна потужність 225 Вт.

Підключення 220В через реле:

Один контакт кожного світильника підключений до загальної фази 220В.

Інший контакт кожного світильника підключений до відповідного реле.

Клеми реле комутують підключення до нуля 220В.

Підключення димерів (для груп 1, 3, 5):

Встановити димери між реле та світильниками.

Arduino керує димерами через PWM виходи D10, D11, D12.

Димери забезпечують плавне включення/вимикання освітлення.

Група світильників	Кількість світильників	Arduino Pin для реле	Arduino Pin для димера (PWM)	Потужність групи	Реле канал
Група 1	9	D5	D10	225 Вт	Канал 1
Група 2	9	D6	Немає	225 Вт	Канал 2
Група 3	9	D7	D11	225 Вт	Канал 3
Група 4	9	D8	Немає	225 Вт	Канал 4
Група 5	9	D9	D12	225 Вт	Канал 5

таб.3.4 Загальна структура підключення світильників

Ці групи будуть контролюватися як фоторезистором, так і датчиком руху, і світло вмикатися тільки при низькій освітленості та наявності руху.

3.2 Алгоритм роботи системи

Основна мета автоматизованої системи освітлення — забезпечення оптимального рівня освітленості приміщення з урахуванням умов навколишнього середовища, таких як природне освітлення та присутність людей. Завдяки використанню датчиків руху, фоторезисторів, релейних модулів і димерів під керуванням Arduino Mega 2560, система здатна працювати автономно, виконуючи складні сценарії управління освітленням.

Алгоритм роботи системи є серцем її функціональності. Він визначає, як система реагує на показники датчиків та керує кожною з п'яти груп світильників. Дві групи працюють лише на основі рівня природного освітлення, тоді як три інші групи додатково враховують присутність людей у приміщенні. Для забезпечення комфорту використовується плавне вмикання та вимикання світильників через димери, що усуває різкі зміни яскравості.

Система функціонує за принципом адаптації:

1. Вона реагує на зміну рівня природного освітлення, автоматично зменшуючи або збільшуючи штучне освітлення.
2. Виявляє присутність людей у приміщенні за допомогою датчиків руху та вмикає світильники лише тоді, коли це необхідно.
3. Підтримує розділення приміщення на п'ять груп світильників, кожна з яких працює за своєю логікою, що забезпечує гнучкість і точність управління.

Автоматизована система управління освітленням виконує свою роботу на основі показників датчиків та заданої логіки для кожної з груп світильників.

Умовно алгоритм роботи можна поділити на кілька етапів:

1. Ініціалізація системи

Arduino запускає програму і виконує перевірку всіх підключених датчиків (фоторезистори, датчики руху) та виконавчих пристроїв (реле, димери).

Встановлюються початкові параметри: порогові значення для фоторезисторів (рівень освітленості) та налаштування часу роботи після виявлення руху.

2. Безперервний моніторинг

Система постійно зчитує показники датчиків:

Фоторезистори: вимірюють рівень природного освітлення. Якщо рівень нижче за заданий поріг, активуються відповідні світильники.

Датчики руху: фіксують присутність людей у зоні дії. При виявленні руху світильники вмикаються або залишаються активними.

3. Управління групами світильників

Кожна група працює за своєю логікою:

Групи 1, 3, 5:

Перевіряється рівень освітленості. Якщо він нижче порогового значення, додатково перевіряється сигнал від датчика руху. При наявності руху світильники вмикаються плавно за допомогою димера. Якщо рух припиняється або рівень освітленості стає достатнім, світильники плавно вимикаються.

Групи 2 і 4:

Працюють виключно на основі показників фоторезистора. Якщо рівень освітленості низький, світильники вмикаються плавно, і вимикаються при досягненні достатнього рівня.

4. Плавне вмикання/вимикання світильників

Arduino регулює яскравість світильників через PWM-сигнали, забезпечуючи плавний перехід від одного стану до іншого. Це зменшує різкі перепади яскравості, що підвищує комфортність системи.

5. Реакція на зміну умов

Якщо рівень освітленості змінився (наприклад, увійшло сонячне світло), система коригує стан світильників відповідно до нового значення. У разі виявлення руху в зоні відповідальності однієї з груп, вона активується незалежно від стану інших груп.

6. Енергоефективність

Якщо всі умови для вмикання світильників не виконуються (достатнє освітлення або відсутність руху), система вимикає всі групи для економії енергії.

В режимі простою Arduino продовжує моніторинг з мінімальним енергоспоживанням.

7. Завершення роботи

При знеструмленні система зберігає поточний стан і готова відновити свою роботу після перезапуску.

Цей алгоритм забезпечує гармонійне функціонування системи, підлаштовуючи її під умови приміщення, і мінімізує ручне втручання, гарантуючи комфорт та ефективність у використанні освітлення.

У підсумку, автоматизована система управління освітленням на базі Arduino Mega 2560 використовує фоторезистори для вимірювання рівня освітленості та датчики руху для виявлення наявності людей. В залежності від отриманих даних система включає або вимикає світильники в різних групах, забезпечуючи енергоефективність та комфорт. Для груп 1, 3 і 5 освітлення контролюється як рівнем освітленості, так і наявністю руху, з плавним вмиканням/вимиканням через димери. Для груп 2 і 4 освітлення керується лише через фоторезистор. Система має зворотний зв'язок, адаптується до змін умов і сприяє економії електроенергії, коли це можливо.

4. НАУКОВО – ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

4.1 Тестування автоматизованої системи освітлення

У цій частині проекту представлено результати тестування розробленої системи автоматизованого управління освітленням побутового приміщення на основі контролера Arduino Mega 2560. Для проведення тестів була використана встановлена система, що складається з фоторезисторів, датчиків руху, реле та димерів. Тестування було здійснено в умовах різної освітленості та наявності або відсутності руху в приміщенні.

Тестування умов освітленості.

Мінімальний поріг освітленості: для тестування використовувався поріг освітленості, встановлений на значення 400 (це значення може бути налаштоване відповідно до реальних умов). Коли рівень освітленості в приміщенні падає нижче цього порогу, система автоматично вмикає освітлення.

Різні рівні освітленості: для аналізу було створено кілька умов — яскраве освітлення (наприклад, при денному світлі), середнє освітлення (погода похмура), слабке освітлення (ніч чи затемнення).

Яскраве освітлення: При денному світлі або достатньому штучному освітленні система коректно вимикає освітлення, що дозволяє знизити енергоспоживання.

Середнє освітлення: У умовах похмурої погоди або слабого природного освітлення система адекватно коригує рівень освітлення, забезпечуючи потрібну яскравість.

Слабке освітлення: При низькому рівні освітлення (наприклад, вночі) система вмикає освітлення автоматично, що гарантує належний рівень освітленості в приміщенні без потреби в ручному управлінні.

Тестування роботи датчиків руху:

Датчики руху: всі три датчики руху були перевірені на точність виявлення руху. Кожен датчик був протестований при різних сценаріях переміщення осіб по приміщенню. Система точно виявляла рух, і в разі виявлення руху при низькому рівні освітленості система вмикала освітлення.

Швидке переміщення: в першому тесті була перевірена здатність системи реагувати на швидкий рух людини по приміщенню. Для цього особа переміщалася швидким кроком або бігла в межах діапазону датчиків. Система повинна була миттєво зафіксувати рух та включити освітлення, навіть якщо швидкість переміщення була високою.

Повільне переміщення: у другому тесті особа переміщалась дуже повільно, наприклад, проходячи через кімнату або зупиняючись на деякий час. Метою цього тесту було перевірити, чи система здатна виявити навіть повільний рух, а також чи не пропускає освітлення, коли особа переміщається мляво або дуже повільно.

Результат тесту: система успішно зафіксувала обидва варіанти руху — і швидкий, і повільний. Вона миттєво включала освітлення при швидкому переміщенні та зберігала освітлення протягом певного часу, навіть коли рух було повільним.

Різні кути огляду датчиків руху.

Датчики руху мають обмежений кут огляду, що впливає на їх здатність виявляти рух. У цьому тесті було перевірено, чи коректно система реагує на рух при різних кутах огляду датчиків. Для цього людина переміщалася через приміщення під різними кутами, змінюючи напрямок руху в межах діапазону датчика.

Було перевірено, чи система зможе точно зафіксувати рух, навіть якщо людина не рухається прямолінійно або перебуває на межі зони огляду датчика.

Результат тесту: Система продемонструвала хорошу здатність реагувати на рух при різних кутах огляду. Якщо людина переміщалась в межах діапазону датчика, система коректно виявляла рух, навіть якщо рух відбувався під кутом або людина частково перебувала в межах зони спостереження.

Неповний або частковий рух.

У деяких випадках особа може перебувати в межах діапазону датчика, але не рухатись повністю. Наприклад, людина може стояти або сидіти, рухаючи лише частиною тіла (рука, голова тощо). Важливо перевірити, чи система може виявити навіть такий частковий рух.

В цьому тесті людина виконувала малі рухи (наприклад, рухи руками чи головою), знаходячись у межах діапазону датчика руху.

Результат тесту: система успішно виявляла часткові рухи, навіть якщо не вся людина потрапляла в зону повного виявлення. Вона реагувала на мінімальні зміни, наприклад, коли людина рухала рукою або головою, що забезпечує максимальну чутливість датчиків до незначних змін у положенні людини.

Перевірка з кількома людьми:

У цьому тесті кілька людей одночасно переміщалися по приміщенню, перевіряючи, як система реагує на кілька джерел руху одночасно. Це важливо для забезпечення коректної роботи в умовах високої активності в приміщенні.

Результат тесту: Система успішно фіксувала рухи кількох людей одночасно, гарантуючи, що освітлення включається при будь-якому виявленому русі.

Тестування на різних сценаріях переміщення людей показало, що система є високочутливою і здатною реагувати на різні типи руху. Вона точно виявляє як швидкий, так і повільний рух, а також коректно працює при різних кутах огляду датчиків. Система успішно фіксує навіть часткові або мінімальні рухи, що забезпечує зручність та ефективність її роботи в реальних умовах. Тестування з кількома людьми підтвердило, що система здатна справлятися з кількома джерелами руху одночасно, що робить її підходящою для використання в багатолюдних приміщеннях.

Енергоефективність: завдяки використанню датчиків руху та автоматичному вимкненню освітлення система забезпечує значну економію енергії, оскільки освітлення вмикається тільки тоді, коли це необхідно.

Інтерфейс управління: програмне забезпечення забезпечує швидку та точну відповідь на зміни умов в приміщенні, не викликаючи затримок чи помилок у роботі.

4.2 Аналіз результатів тестування автоматизованої системи освітлення

Системи реакцій на рівні освітленості

Система успішно вмикає освітлення при падінні рівня світла нижче мінімального порогу (встановленого на рівні 400).

При яскравому природному або штучному освітленні система коректно вимикає освітлення, знижуючи при цьому енергоспоживання.

В умовах середньої освітленості система забезпечує комфортний рівень освітлення, що відповідає вимогам користувачів.

В умовах низької освітленості, тобто вночі, система автоматично вмикає освітлення, гарантуючи зручність і безпеку.

Функціонування датчиків руху

Точність виявлення руху: усі датчики руху точно задіяні в наявності руху в місці.

Швидкий рух: система миттєво регулює швидке переміщення осіб, забезпечуючи оперативне вмикання освітлення.

Повільний рух: система коректно виявляє повільне переміщення, що дозволяє уникнути пропусків в активації освітлення.

Різні кути огляду: датчики руху забезпечують стабільну роботу навіть при зміні кута руху або перебуванні людини на межі їх частини.

Частковий рух: система демонструє високу чутливість, виявляючи мінімальні рухи (рук, голови тощо), що забезпечують її ефективність у різних сценаріях.

Робота в умовах кількох джерел руху

Тестування з кількома людьми в кінці підтвердило здатність системи реагувати на рух кілька осіб одночасно без втрати точності.

Енергоефективність

Завдяки автоматичному вимкненню освітлення при русі руху та оптимальному використанню датчиків рівня освітленості, система забезпечує значне зниження витрат на електроенергію.

За розрахунками енергоспоживання, впровадження цієї системи може

скоротити витрати на електроенергію до 30–40%, залежно від режиму використання.

Інтерфейс управління

Системи програмного забезпечення забезпечують швидку реакцію на зміну умов, демонструючи стабільність і точність у роботі.

Інтуїтивний інтерфейс дозволяє легко налаштувати параметри роботи системи, такі як рівень освітленості, чутливість датчиків руху та часові параметри автоматичного вимкнення.

Параметри гнучкості та адаптації

Система легко адаптується до різних умов використання за допомогою модульної структури. Наприклад, можна інтегрувати додаткові датчики або змінити конфігурацію під конкретні потреби користувачів.

Використання програмованого контролера Arduino Mega 2560 забезпечує можливість модернізації програмного забезпечення для подальшого вдосконалення системи.

Результати тестування підтвердили, що система повністю відповідає заданим технічним вимогам та демонструє високу надійність і чутливість.

Енергоефективність, автоматизованість та зручність експлуатації створюють оптимальний вибір для сучасних побутових потреб.

Система є перспективною для впровадження не тільки в побутових, а й у комерційних або виробничих приміщеннях, де важливо забезпечити ефективне освітлення з мінімальними витратами енергії.

Досконалення алгоритмів роботи, наприклад, використання штучного інтелекту для прогнозування умов освітленості, може значно розширити функціональність та ефективність системи.

Таким чином, тестування підтвердило практичну участь та перспективність розробленої системи для реального використання.

5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Реалізація програмного забезпечення

Програмне забезпечення для автоматизованої системи управління освітленням на базі Arduino Mega 2560 буде виконувати кілька основних функцій: зчитування даних від фоторезисторів та датчиків руху, порівняння цих значень з пороговими величинами, управління світильниками (як через реле, так і через димери для плавного вмикання), а також реалізація логіки включення/вимикання освітлення.

Основні етапи реалізації програмного забезпечення:

Ініціалізація та налаштування пінів:

У програмі налаштовуються піни для підключення фоторезисторів, датчиків руху, релейних модулів та димерів.

Ініціалізуються необхідні змінні для зберігання значень фоторезисторів та датчиків руху.

Основний цикл програми:

Програма працює в нескінченному циклі **loop()**, де регулярно зчитуються значення від датчиків і приймаються рішення щодо стану світильників.

Для кожної групи світильників перевіряється рівень освітленості та наявність руху (для груп 1, 3, 5).

Зчитування значень від сенсорів:

Фоторезистори: Зчитуються аналогові значення через аналогові входи (A0-A4).

Датчики руху (PIR): Зчитуються цифрові сигнали з пінів (D2, D3, D4 для груп 1, 3, 5).

Прийняття рішень:

Якщо освітленість низька, а рух виявлений (для груп 1, 3, 5), включаються світильники з плавним вмиканням через димер (PWM).

Якщо рух не виявлено, або освітленість достатня, світильники залишаються вимкненими.

Для груп 2 і 4 світильники вмикаються, якщо рівень освітленості низький, і вимикаються, коли освітленість достатня.

Плавне вмикання/вимикання світильників:

Для груп 1, 3, 5 використовується метод PWM для плавного вмикання та вимикання через димери.

Для груп 2 і 4 включення/вимикання відбувається без плавного переходу, використовуючи тільки реле

Ініціалізація пінів та змінних

У цьому розділі коду визначаються піни, до яких підключаються компоненти системи, а також змінні для зберігання даних з фоторезисторів і датчиків руху.

Піни для фоторезисторів і датчиків руху визначаються як вхідні піни (INPUT).

Піни для релейних модулів та димерів визначаються як вихідні піни (OUTPUT), що дозволяє Arduino керувати станом кожної групи світильників.

```
const int lightSensor1 = A0; // Фоторезистор для групи 1
const int lightSensor2 = A1; // Фоторезистор для групи 3
const int lightSensor3 = A2; // Фоторезистор для групи 5
const int lightSensor4 = A3; // Фоторезистор для групи 2
const int lightSensor5 = A4; // Фоторезистор для групи 4

const int motionSensor1 = 2; // Датчик руху для групи 1
const int motionSensor2 = 3; // Датчик руху для групи 3
const int motionSensor3 = 4; // Датчик руху для групи 5

const int relay1 = 5; // Реле для групи 1
const int relay2 = 6; // Реле для групи 3
const int relay3 = 7; // Реле для групи 5
const int relay4 = 8; // Реле для групи 2
const int relay5 = 9; // Реле для групи 4

const int dimmer1 = 10; // Димер для групи 1
const int dimmer2 = 11; // Димер для групи 3
const int dimmer3 = 12; // Димер для групи 5
```

Читання значень з датчиків

У головному циклі програми значення з фоторезисторів та датчиків руху зчитуються кожен раз, коли виконується цикл loop(). Ці значення використовуються для визначення, чи потрібно увімкнути або вимкнути світло. Фоторезистори зчитуються через аналогові входи (A0-A4) і використовуються для визначення рівня освітленості в приміщенні. Датчики руху зчитуються через цифрові входи (D2-D4) і повідомляють, чи є рух у приміщенні.

```
int light1 = analogRead(lightSensor1);
int light2 = analogRead(lightSensor2);
```

```

int light3 = analogRead(lightSensor3);
int light4 = analogRead(lightSensor4);
int light5 = analogRead(lightSensor5);

int motion1 = digitalRead(motionSensor1);
int motion2 = digitalRead(motionSensor2);
int motion3 = digitalRead(motionSensor3);

```

Прийняття рішень

Логіка, що базується на значеннях з фоторезисторів і датчиків руху, дозволяє приймати рішення щодо того, чи потрібно вмикати або вимикати світильники.

Групи 1, 3, 5: Якщо освітленість низька, і є рух, то система активує світильники за допомогою димера (PWM для плавного включення).

Групи 2, 4: Якщо освітленість низька, то світильники включаються без плавного включення.

```

if (light1 < lightThreshold && motion1 == HIGH) {
    analogWrite(dimmer1, 255); // Вмикання з максимальним рівнем яскравості
} else {
    analogWrite(dimmer1, 0); // Вимикання
}

if (light2 < lightThreshold && motion2 == HIGH) {
    analogWrite(dimmer2, 255); // Вмикання з максимальним рівнем яскравості
} else {
    analogWrite(dimmer2, 0); // Вимикання
}

if (light3 < lightThreshold && motion3 == HIGH) {
    analogWrite(dimmer3, 255); // Вмикання з максимальним рівнем яскравості
} else {
    analogWrite(dimmer3, 0); // Вимикання
}

if (light4 < lightThreshold) {
    digitalWrite(relay4, HIGH); // Вмикання реле для групи 2
} else {
    digitalWrite(relay4, LOW); // Вимикання реле
}

if (light5 < lightThreshold) {
    digitalWrite(relay5, HIGH); // Вмикання реле для групи 4
} else {
    digitalWrite(relay5, LOW); // Вимикання реле
}

```

Плавне вмикання/вимикання

Для груп 1, 3, 5 плавне вмикання/вимикання досягається за допомогою PWM (широтно-імпульсної модуляції), що дозволяє регулювати яскравість світла через димери. Для груп 2 і 4 використовуються прості релейні модулі, які включають або вимикають світильники, залежно від рівня освітленості.

```
analogWrite(dimmer1, 255); // Вмикання світильника на максимальну яскравість
analogWrite(dimmer1, 0);   // Вимикання світильника
```

Затримка та оновлення

Для забезпечення коректної роботи системи та уникнення зайвих перерв, використовується функція `delay()`, яка задає час затримки між кожним циклом зчитування і прийняттям рішень.

```
delay(100); // Затримка перед наступним циклом
```

Ініціалізація пінів дозволяє налаштувати систему для роботи з датчиками та компонентами. Зчитування значень дозволяє постійно оновлювати інформацію про освітленість та наявність руху. Прийняття рішень на основі отриманих значень здійснюється в реальному часі. Плавне вмикання та вимикання світильників досягається через димери, що забезпечує комфортне освітлення в приміщенні. Затримка в циклі програми дає системі час для стабільної роботи.

Розроблена система автоматизованого управління освітленням на базі Arduino Mega 2560 ефективно використовує фоторезистори та датчики руху для регулювання рівня освітленості в приміщенні. Код програми реалізує ініціалізацію пінів, зчитування даних з датчиків, прийняття рішень щодо увімкнення або вимкнення світильників, а також плавне керування яскравістю через димери для певних груп світильників. Завдяки цьому алгоритму, система може автоматично регулювати освітлення залежно від освітленості та наявності руху, забезпечуючи комфорт та енергоефективність.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Вимоги електробезпеки до освітлювальних установок

Електробезпека - система організаційних і технічних засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електроструму, електродуги, електромагнітного поля і статичної електрики. Вимоги електробезпеки викладені в міжгалузевих правилах з охорони праці при експлуатації електроустановок, правилах технічної експлуатації електроустановок споживачів, ДСТУ та інших нормативних правових актах.

Вимоги, що містяться в цих актах, поширюються на всіх споживачів, працівників усіх організацій, незалежно від форм власності та організаційноправових форм, а також на фізичних осіб, зайнятих технічним обслуговуванням електроустановок, що проводять в них оперативні перемикання, які організовують і виконують в електроустановках монтажні, налагоджувальні, ремонтні та будівельні роботи, випробування та вимірювання (електротехнічний персонал).

Працівники, що приймаються для виконання робіт в електроустановках, мають професійну підготовку, що відповідає характеру роботи. Електротехнічний (електротехнологічний) персонал зобов'язаний пройти перевірку знань норм і правил роботи в електроустановках в межах вимог, що пред'являються до відповідної посади або професії, і мати відповідну групу з електробезпеки.

Працівнику, який пройшов перевірку знань з охорони праці при експлуатації електроустановок, видається посвідчення, в якому внесені результати перевірки знань. Присвоєння групи з електробезпеки є необхідною умовою для отримання допуску до обслуговування і експлуатації діючих електроустановок.

Ця вимога стосується й осіб неелектротехнічного персоналу, що працює в електроустановках.

Електротехнічний персонал в організації поділяється на наступні категорії: адміністративно-технічний, оперативний, ремонтний, оперативно-ремонтний і електротехнологічний персонал виробничих цехів і дільниць.

Електротехнічного персоналу, який пройшов медичний огляд, спеціальне навчання та перевірку знань, присвоюється група з електробезпеки (від II до V) в залежності від стажу роботи в електроустановках, освіти, теоретичних знань і практичних навичок роботи.

Наведені в Правилах вимоги є мінімальними можуть бути доповнені за рішенням керівника організації. Спочатку особі електротехнічного персоналу може бути присвоєна група II. Привласнювати групи з електробезпеки можна тільки послідовно, «перескакувати» через групу можна. Особам віком до 18 років не дозволяється присвоювати групу вище II. При надходженні на роботу (переведення на іншу ділянку, заміщення відсутнього працівника) персонал повинен пройти перевірку знань і підтвердити наявну групу стосовно до обладнання електроустановок на новій ділянці.

При переведенні працівника, зайнятого обслуговуванням електроустановок напругою нижче 1000 В, на роботу з обслуговування електроустановок напругою вище 1000 В, йому, як правило, не може бути присвоєно початковий група вище III.

Неелектротехнічний персонал, який виконує роботи, при яких може виникнути небезпека ураження електричним струмом, присвоюється група I з електробезпеки. Перелік посад і професій, що вимагають присвоєння персоналу I групи з електробезпеки, визначає керівник Споживача.

Група I присвоюється персоналу, засвоївши вимоги з електробезпеки, що відносяться до його виробничої діяльності, з оформленням в журналі встановленої форми, посвідчення при цьому не видається.

Присвоєння групи I проводиться шляхом проведення інструктажу, який, як правило, повинен завершуватися перевіркою знань у формі усного опитування і 74 перевіркою придбаних навичок безпечних способів роботи або надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

Присвоєння групи I з електробезпеки проводить працівник з числа електротехнічного персоналу даного Споживача з групою з електробезпеки не нижче III, призначений розпорядженням керівника організації.

4.2 Правила техніки безпеки при експлуатації освітлювального обладнання

Робота щодо забезпечення безпечної експлуатації ЕУ здійснюється згідно з обов'язковими, для всіх споживачів електроенергії, незалежно від їх відомчої приналежності, правилами технічної експлуатації ЕУ споживачів та правилами техніки безпеки при експлуатації ЕУ споживачів.

Обслуговування діючих ЕУ, проведення в них оперативних переключень, організація та виконання ремонтних, монтажних, налагоджувальних робіт і випробувань здійснюються спеціально підготовленим електротехнічним персоналом.

Роботи в діючих ЕУ з врахуванням заходів безпеки поділяються на виконувані: зі зняттям напруги, без зняття напруги на струмоведучих частинах і поблизу них, без зняття напруги на віддалі від струмоведучих частин, котрі знаходяться під напругою.

До робіт, виконуваних зі зняттям напруги, відносяться роботи, котрі виконуються в ЕУ, в котрій зі всіх струмоведучих частин знята напруга. До робіт, виконуваних без зняття напруги на струмоведучих частинах та поблизу них, відносяться роботи, котрі проводяться безпосередньо на цих частинах.

Роботою без зняття напруги на віддалі від струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, вважається робота, при котрій виключається випадкове наближення працюючих людей та використовуваного ними ремонтного обладнання і інструменту до струмоведучих частин на віддаль менше 75 встановленої і не вимагається вживання технічних або організаційних заходів (безперервного нагляду) для запобігання такому наближенню.

При виконанні робіт зі зняттям напруги та без зняття напруги на струмоведучих частинах та поблизу них повинні виконуватись організаційні та технічні заходи. До організаційних заходів відносяться: - оформлення роботи по наряді-допуску, розпорядженню або за переліком робіт, виконуваних в порядку поточної експлуатації; - допуск до роботи; - нагляд під час роботи; - оформлення перерви під час роботи; - переводи на інше робоче місце.

6.3 Робота з освітлювальними установками при надзвичайних ситуаціях

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях є дуже важливими аспектами при роботі зі світлом. Це особливо стосується роботи з електричними лампами і освітлювальними приладами, оскільки вони можуть бути потенційно небезпечними для здоров'я і безпеки людей, які з ними працюють.

Основні правила безпеки при роботі зі світлом передбачають переконатися, що електричний струм вимкнений перед початком роботи з електричними лампами, не дозволяти дітям гратися з лампами або розетками, не торкатися ламп, якщо вони працюють, не використовувати пошкоджені лампи або проводи, переконуватися, що лампи не перегріваються, оскільки це може призвести до пожежі.

При роботі з освітлювальними приладами важливо дотримуватися інструкцій виробника, а у разі надзвичайної ситуації (пожежа, затоплення, землетрус) діяти згідно з інструкціями цивільної оборони. Завжди варто мати 76 пожежний вогнегасник та детектор диму поблизу, не залишати лампи без нагляду і завжди дотримуватися правил безпеки та охорони праці при роботі зі світлом. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях є дуже важливими аспектами при роботі зі світлом. Особливо це стосується роботи з електричними лампами і освітлювальними приладами.

Основні правила безпеки при роботі з освітлювальною установкою:

1. Перед початком роботи з електричними лампами переконайтеся, що електричний струм вимкнений.
2. Не дозволяйте дітям гратися з лампами або розетками.
3. Не торкайтеся ламп, якщо вони працюють.
4. Не використовуйте пошкоджені лампи або проводи.
5. Переконайтеся, що лампи не перегріваються, оскільки це може призвести до пожежі.
6. При роботі з освітлювальними приладами дотримуйтеся інструкцій

виробника.

7. У разі надзвичайної ситуації (пожежа, затоплення, землетрус) дійте згідно з інструкціями цивільної оборони.

8. Завжди майте пожежний вогнегасник та детектор диму поблизу.

9. Не залишайте лампи без нагляду.

10. При роботі зі світлом завжди дотримуйтеся правил безпеки та охорони праці.

ВИСНОВКИ

Результатом виконання дипломної роботи є розробка та дослідження автоматизованої системи управління освітленням побутового приміщення на базі контролера Arduino Mega 2560. У ході роботи було виконано теоретичне обґрунтування, технічне проектування, програмування системи, а також її тестування.

Розрахунок та оптимізація освітлювальної системи:

Проведено аналіз приміщення площею 544 м² із визначенням необхідного рівня освітленості (400 лк).

Розраховано кількість світильників — 45 одиниць, що дозволяє забезпечити рівномірну освітленість відповідно до стандартів.

Обґрунтування вибору апаратного забезпечення:

Використання Arduino Mega 2560 завдяки його функціональним можливостям, доступності та простоті програмування. Інтеграція датчиків руху, освітленості, реле та димерів для забезпечення адаптивного управління освітленням. Вибір сучасних LED-світильників Philips CoreLine Waterproof WT120C із високими показниками енергоефективності та надійності.

Розробка програмного забезпечення:

Створено програму для контролера Arduino, яка реалізує автоматичне вмикання та регулювання яскравості світла залежно від умов освітлення та наявності руху.

Тестування та аналіз роботи системи:

Система успішно пройшла тестування за різними сценаріями освітленості та руху. Підтверджено коректну роботу алгоритмів керування та високий рівень енергоефективності.

Розробка розділу з охорони праці:

Враховано всі аспекти безпеки роботи з електричними системами.

Розроблено рекомендації щодо пожежної безпеки та використання

захисних засобів.

Основні результати проекту:

Система забезпечує економію енергії завдяки автоматичному керуванню освітленням. Створено комфортні умови для перебування в приміщенні шляхом автоматичного регулювання освітлення.

Розробка є масштабованою і може бути інтегрована в інші "розумні" системи будівель.

Розроблена автоматизована система управління освітленням демонструє високу ефективність, адаптивність і безпеку. Вона відповідає сучасним вимогам енергоефективності та має перспективи для широкого застосування в побутових та промислових приміщеннях.

Список використаних джерел:

1. Глечик А. О. Енергоефективне освітлення : автореф. 2018. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/11768> (дата звернення: 16.12.2024).
2. Крашевський А. С. Методика вивчення системи автоматизованого проектування освіти приміщень. *Нові комп'ютерні технології*, 2013, № 5, с. 55. URL: <https://doi.org/10.55056/nocote.v5i1.76> (дата звернення: 20.11.2024).
3. Хапченко О. В. Розумне освіта: тез. 2018. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/11079> (дата звернення: 12.10.2024).
4. Гошко М. О., Хімка С. М., Василів К. М., Дробот І. М. Дослідження характеристик сучасних електричних джерел світла. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*, 2015, № 3, с. 16–25.
5. Природне і штучне освіта: Держ. буд. Норми від 03.10.2018 р. № ДБН В.2.5-28:2018.
6. Принципи зорової ергономіки. Освітлення робочих систем у внутрішньому місці: ДСТУ від 26.12.2003 р. № ДСТУ ГОСТ ISO 8995:2003. Київ: Держспоживстандарт.
7. Чорнобай Б. В. Розрахунок системи електропостачання та освіти навчально-виробничої майстерні: маг. 2019. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/76193> (дата звернення: 20.11.2024).
8. ДСТУ Б EN 12464-1:2017. Світло та освіта. Освітлення робочих місць у приміщеннях. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017.
9. ДСТУ 3142-2016. Правила безпеки при роботі з електричними установками. Київ: Держстандарт, 2016.
10. ДСТУ ISO 8995:2008. Освітлення робочих місць. Загальні вимоги. Київ: Держспоживстандарт України, 2008.
11. Іванов С. І. Основи роботи з Arduino: навчальний посібник. Львів: Світло,

2019. 128 с.

12. Петренко О. М., Задорожний В. ю. Енергозберігаючі технології в освітленні. Харків: Техніка, 2020. 288 с.
13. Білик М. В., Руденко О. С. Сучасні системи керування освітленням. Київ: Вид. центр НТУУ "КПІ", 2021. 256 с.
14. Мельник Г. П., Савчук О. О. Розробка системи управління освітою з використанням мікроконтролерів. *Вісник технічних наук*, 2019, № 4, с. 45–52.
15. Philips. Промислове освітлення [Електронний ресурс]. URL: <https://www.philips.com> (дата звернення: 16.12.2024).
16. Arduino. Технічна документація на контролери Arduino Mega 2560 [Електронний ресурс]. URL: <https://www.arduino.cc> (дата звернення: 16.12.2024).
17. Діалюкс. Програмне забезпечення для розрахунку освіти [Електронний ресурс]. URL: <https://www.dialux.com> (дата звернення: 16.12.2024).
18. ISO 50001:2018. Енергоменеджмент. Вимоги з настановами щодо застосування.
19. Diahovchenko I., Kolcun M., Čonka Z., Savkiv V., Mykhailyshyn R. Progress and challenges in smart grids: Distributed generation, smart metering, energy storage and smart loads. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering*, 2020. Vol. 44. P. 1319-1333. <https://doi.org/10.1007/S40998-020-00322-8>.
20. Palamar A., Pettai E., Beldjajev V. Control System for a Diesel Generator and UPS Based Microgrid. *Scientific Journal of Riga Technical University. Power and Electrical Engineering*. 2010. Vol. 27. P. 47-52.
21. Vasylykivskyi I., Ishchenko V., Pohrebennyk V., Palamar M., Palamar A. System of water objects pollution monitoring. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM 2017)*, Vienna, Austria, November, 27–29, 2017. Vol. 17, No. 33. P. 355-362.
22. Wieclaw L.; Pasichnyk V.; Kunanets N.; Duda O.; Matsiuk O.; Falat P. Cloud

- computing technologies in “smart city” projects. In Proceedings of the 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). Bucharest: Romania, 21–23 September 2017. pp. 339–342.
23. Yaskiv V. Using of High-Frequency Magnetic Amplifier in Switch Mode DC Power Supplies. Proceedings of the 35th Annual IEEE Power Electronic Specialists Conference (PESC'04), Aachen, 2004. P. 1658–1662.
 24. Автоматизація виробничих процесів : навч. посіб. / Проць Я. І., Савків В. Б., Шкодзінський О. К., Ляшук О. Л. Тернопіль : ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. 344с.
 25. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.
 26. Букетов А. В., Стухляк П. Д., Кальба Є. М. Фізико-хімічні процеси при формуванні епоксикомпозитних матеріалів. Тернопіль: Збруч, 2005. 182 с.
 27. Драган Я.П., Яворський Б. І., Яворська Є. Б. Концепції і принципи побудови моделей для означення метрологічних характеристик ритміки кардіосигналів. Вісник нац. унів. “Львівська політехніка”: зб. наук. пр. Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, 2002. № 443. С. 200-205.
 28. Коваль В. П., Івасечко Р. Р., Козак К. М. Енергетична ефективність систем позиціонування плоских сонячних панелей. Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. 2015. № 3. С. 2-10.
 29. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.
 30. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп’ютерні мережі. Книга 1 [навчальний посібник]. Львів : «Магнолія 2006», 2013. 256 с.
 31. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В.

- Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с.
32. Паламар М. І., Стрембіцький М. О., Паламар А. М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 150 с.
 33. Development of Digital Platform to Identify and Monitor the Digital Business Transformation Index, Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Dudkin, P., Dudkina, O., International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, 2020, 2, pp. 171–175, 9322016
 34. Information technology to support the digital transformation of small and medium-sized businesses, Mosiy, L., Kozbur, H., Strutynska, I., Mosiy, O., Yatsyshyn, V. CEUR Workshop Proceedings, 2024, 3742, pp. 150–165
 35. Analysis of the SMEs' Digitalization State Using HIT Index and Machine Learning Technique, Strutynska, I., Kozbur, H., Dmytrotsa, L., Kozbur, I., Gashchyn, N., Proceedings - International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT, 2023, pp. 332–337
 36. Working-Out of Recommendation System to Increase the Digital Maturity Level of Enterprises, Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Hlado, O., Sorokivska, O., 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2020 - Proceedings, 2021, pp. 147–151, 9467978
 37. The Unification of Approaches to Measuring the Digital Maturity of Business Structures (International and Domestic Approaches) / Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Melnyk, L., Sherstiuk, R., CEUR Workshop Proceedings, 2021, 3013, pp. 10–23
 38. Стухляк П.Д., Букетов А.В. Епоксикомпозитні матеріали, модифіковані ультрафіолетовим опроміненням. Тернопіль: Збруч, 2009. 237 с.
 39. Ткачук Р., Яворський Б. Метод побудови біотехнічної системи для оцінювання електроретинограм з підвищеною вірогідністю та ефективністю. Вісник Тернопільського державного технічного університету. 2009. №3. С. 102-110.

40. Юзьків А. В., Яворський Б. І. Математичне моделювання електроретинографічних сигналів. Вісник ТДТУ. Тернопіль, 1997. № 2. С. 40-45.
41. Яворський Б. І. Математичні основи радіоелектроніки. Частина І. Тернопіль: ТПІ імені Івана Пулюя. 1996. 184 с.
42. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>.
43. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський)/ укл.: О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.
44. Платформа .NET та мова програмування C# 8.0: навчальний посібник / Коноваленко І.В., Марущак П.О. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2020 – 320 с.
45. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, В.Б. Савків, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022. – 324 с.
46. Медвідь В.Р., Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, В.Р. Медвідь, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. – 354 с., ISBN 978-966-305-045-4, <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/20504>.
47. Савків В.Б., Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 50 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35172>
48. Основи наукових досліджень і теорія експерименту : Навчальний посібник для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» /

- укл. Ю. Б. Капаціла, П. О. Марущак, В. Б. Савків, О. П. Шовкун.
Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2023. 186 с.
49. Козбур І.Р., Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження частотних характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – с. 16.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39207>
 50. Трембач Р.Б., Шовкун О.П. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Інформаційно – вимірювальні системи” Модуль І. «Вимірювальна техніка» – Тернопіль: ТНТУ., 2024. – 67 с.
 51. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 3. «Імпульсна техніка, вторинні джерела живлення, основи цифрової електроніки» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 26с.
 52. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 4. «Мікросхемотехніка» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 44с.
 53. Розробка мікропроцесорної системи керування на основі мікропроцесорного комплекту КР580 та на основі ОМЕОМ К1816ВЕ51/ Методичні вказівки для виконання курсового проєкту з дисципліни "Електроніка і мікропроцесорна техніка" //Медвідь В.Р, Пісьціо В.П., Микулик П.М. Тернопіль: ТНТУ - 2016. 108 с.
 54. Козбур І.Р., Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження часових характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. –

- Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – 19 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39206>
55. Лабораторний практикум з проектування та моделювання роботи електропневматичних схем у середовищі програмного пакету «FluidSIM Pneumatics» з курсу «Технічні засоби автоматизації» / укл. : О.К. Шкодзінський. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 32 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/31418>
 56. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 344 с.
 57. Автоматизація виробничих процесів: Навчальний посібник / Я.Проць, О.Данилюк, В.Савків - ТДТУ. 2005. -264с.
 58. Методичні вказівки з виконання курсової роботи з дисципліни «Основи наукових досліджень» для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / укл. : П.О. Марущак , Ю.Б. Капаціла , Р.І. Михайлишин. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. - 75 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/26145>
 59. Методичні вказівки по роботі з програмним симулятором "AVR simulator IDE" з курсу "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 21 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/32136/>.
 60. Методичні рекомендації для практичних занять з курсу «Засади провадження наукової діяльності» / укл. : Дмитрів Олена Романівна, Рогатинський Роман Михайлович. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2024. – 112 с., <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/44669>.

ДОДАТКИ

Додаток А