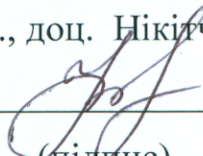


Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Житомирська політехніка»
Факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
Кафедра біомедичної інженерії та телекомунікацій

УДК 621.37

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри біомедичної
інженерії та телекомунікацій
к.т.н., доц. Нікітчук Т.М.


(підпис)

« 14 » 12 2020 р.

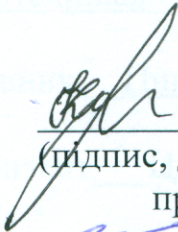
АТЕСТАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему «Дослідження адаптивної системи регулювання освітленням в
приміщенні»

за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Виконавець роботи:

14.12.20


(підпис, дата)

Кулаковська К.В.

(ініціали,

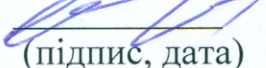
прізвище)

Науковий керівник

14.12.20

к.т.н., доц.

(науковий ступінь, вчене звання)


(підпис, дата)

Ципоренко В.Г.

(ініціали,

прізвище)

Житомир
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної магістерської роботи

на тему « Дослідження адаптивної системи регулювання освітлення в приміщенні»

Виконала: студентка 2 курсу, групи ЗТРМ-19м

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Керівник Ципоренко В.Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Нікітчук Т.М.

(прізвище та ініціали)

Житомир

2020

«Затверджено»

Завідувач кафедри біомедичної
інженерії та телекомунікацій

 Т.М. Нікітчук

« 14 » 12 2020 р.

Завдання на атестаційну магістерську роботу

Кулаковська Катерина Володимирівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження адаптивної системи регулювання освітленням в приміщенні»

затверджено наказом по університету від « » вересня 2020 р. № 272с

2. Мета дослідження: оптимізувати характеристики адаптивної системи регулювання освітлення

3. Вихідні дані (характеристики об'єкта, умов дослідження та ін.)_об'єкт освітлення приміщення житлові та промислові, характер розміщення – розподілені об'єкти.Спосіб керування адаптивний_____

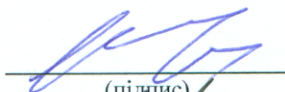
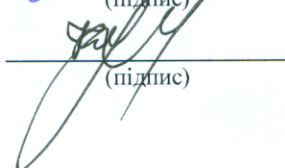
4. Основні задачі дослідження огляд науков-технічних систем, розробка схеми системи та блоку контролю, розробка алгоритмів, досліджених елементів._____

5. Термін подання роботи до захисту 05.12.2020

6. Дата видачі завдання « 15 » 10 2020 р.

Науковий керівник

Завдання прийняв
до виконання


(підпис)

(підпис)

Ципоренко В.Г

(прізвище, ініціали)

Кулаковська К.В

(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

В магістерській роботі здійснено дослідження адаптивної системи регулювання світла на базі мікроконтролера AT Mega 16l.

Розроблено програмну модель для дослідження адаптивної системи регулювання світла.

Проведено теоретичні та експериментальні дослідження ефективності адаптивної системи регулювання світла..

Підтверджено теоретичні розробки та положення програмним моделюванням та виконано дослідження основних властивостей адаптивної системи регулювання світла.

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання. Загальний обсяг складає сторінок, з яких основний зміст викладено на сторінках друкованого тексту, магістерська робота має в собі рисунків. Перелік джерел посилання нараховує найменування.

Перелік ключових слів.

Адаптивна система світла, мікроконтролер, Loga Wan, датчики, структурні схеми.

Об'єктом досліджень є процеси адаптивного освітлення об'єктів та територій.

Предметом дослідження адаптивна система регулювання світла.

Мета і задачі дослідження.

- Аналіз напрямків використання адаптивної системи регулювання світла
- Огляд відомих адаптивних систем регулювання світла
- Огляд елементів системи регулювання світла
- Розробка адаптивної системи керування освітленням
- Розробка структурної схеми
- Розробка схеми модуля керування
- Розробка програми
- Розрахунок ультразвукового датчика
- Дослідити адаптивної системи регулювання світла
- Дослідити ультразвуковий датчик
- Алгоритм оброблення даних нечіткої логіки

Методи дослідження. В першому розділі розглянуто методи теорії адаптивної системи і мережевих технологій. В другому розділі використовуються методи теорії статистичних рішень цифрової обробки сигналів диференцій і інтегралів числення, методи адаптації. В третьому розділі використовується теорія оптимального керування та обробки сигналів, а також математичного та програмного моделювання.

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- EEPROM – постійний запам'ятовувальний пристрій;
- SRAM – статична оперативна пам'ять з довільним доступом ;
- АЦП – аналогово-цифровий перетворювач;
- ВДТ – відео дисплейний термінал;
- ДК – дистанційне керування;
- ДОН – джерела опорної напруги;
- ЖКИ – дисплей рідкокристалічний;
- ПХ – імітація присутності господарів;
- КЗ – коротке замикання;
- МП – мікропроцесор;
- МПС – мікропроцесорні системи;
- ОЗУ – оперативно-запам'ятовуючий пристрій;
- ОМК – одно кристальні мікроконтролери;
- ПДК – пульт дистанційного керування.
- ПЗ – програмне забезпечення;

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	2
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ВІДОМИХ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ.....	9
1.1 Огляд відомих адаптивних систем регулювання світла	9
1.2 Огляд елементів системи регулювання світла	13
Висновки до розділу	19
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ.....	20
2.1 Розробка структурної схеми системи	20
2.2 Розробка схеми модуля керування	40
2.2.1 Розробка блоку керування	41
2.2.2 Розробка програми.....	49
2.2.3 Розрахунок ультразвукового датчика	53
Висновки до розділу	60
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ СВІТЛА.....	62
3.1 Дослідження ультразвукового датчика	62
3.2 Дослідження інфрачервоного датчика наявності об'єктів	67
3.3 Алгоритм оброблення даних нечіткої логіки.....	68
Висновки до розділу	74
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78
ДОДАТКИ	80

РЕФЕРАТ

Атестаційна магістерська робота містить 97 сторінок, 30 рисунки, 14 джерела посилання, 3 додатка.

Об'єкт дослідження є процеси адаптивного освітлення об'єктів та територій.

Предмет дослідження: Адаптивна система регулювання світла.

Ціль дослідження: Дослідження та розробка адаптивної системи освітлення приміщення.

Задачі дослідження:

- Аналіз напрямків використання адаптивної системи регулювання світла
- Огляд відомих адаптивних систем регулювання світла
- Огляд елементів системи регулювання світла
- Розробка адаптивної системи керування освітленням
- Розробка структурної схеми
- Розробка схеми модуля керування
- Розробка програми
- Розрахунок ультразвукового датчика
- Дослідити адаптивної системи регулювання світла
- Дослідити ультразвуковий датчик
- Алгоритм оброблення даних нечіткої логіки

Методи дослідження: аналіз, синтез, порівняння та ідеалізація.

Результати та їх новизна: Розроблено алгоритм роботи програми системи регулювання світла. В роботі визначено основні завдання на розробку системи, проаналізовано аналоги розроблених пристроїв. Наведено сценарії роботи програмного комплексу, загальна структура програмного комплексу, опис алгоритмів взаємодії окремих модулів системи, опис структурно функціональної схеми. Виконана інструкція, з технічного обслуговування та ремонту пристрою для імітації сигналів датчиків.

Ключові слова: Адаптивна система, мікроконтролер, LoRa Wan, датчики, структурні схеми, принципова схема.

АНОТАЦІЯ

В магістерській роботі досліджено адаптивну систему регулювання освітлення приміщень на базі мікроконтролера AT Mega 16l. Проведено аналіз побудови структурної схеми та розрахунок принципової схеми приладу.

Проведено розробку математичної моделі, що дозволило провести розрахунок параметрів складової точності, параметрів розробленої принципової схеми. Проведено теоретичні та експериментальні дослідження ефективності адаптивної системи регулювання освітлення.

Підтверджено теоретичні розробки та положення програмним моделюванням та виконано дослідження основних властивостей адаптивної системи регулювання освітлення.

ABSTRACT

Graduation Bachelor's work consists of software and an explanatory note. An explanatory note contains 85 pages, 13 artworks and 4 tables.

The aim of the work is development software for device of automatic light regulation. This device is built on the base of the MK AT Mega 16l, that will interact with incandescent lamps in any room.

The basic tasks of system development are defined in the work, analyzed analogues of the developed devices. The work includes the scripts of the software complex, the general structure of the software, the description of algorithms of interaction of individual modules of the system, description of the structural functional scheme. The instruction for maintenance and repair of the device for simulating sensor signals is completed.

KEYWORDS: MICROCONTROLLER, INCANDESCENT LAMP, SENSOR, TIMERS, LAMPS, STRUCTURAL SCHEME.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	2
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ВІДОМИХ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ.....	9
1.1 Огляд відомих адаптивних систем регулювання світла	9
1.2 Огляд елементів системи регулювання світла	13
Висновки до розділу	19
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ.....	20
2.1 Розробка структурної схеми системи	20
2.2 Розробка схеми модуля керування	40
2.2.1 Розробка блоку керування	41
2.2.2 Розробка програми.....	49
2.2.3 Розрахунок ультразвукового датчика	53
Висновки до розділу	60
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ СВІТЛА.....	62
3.1 Дослідження ультразвукового датчика	62
3.2 Дослідження інфрачервоного датчика наявності об'єктів	67
3.3 Алгоритм оброблення даних нечіткої логіки.....	68
Висновки до розділу	74
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78
ДОДАТКИ	80

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

EEPROM – постійний запам’ятовувальний пристрій;
SRAM – статична оперативна пам’ять з довільним доступом ;
SREG – регістр стану;
АЦП – аналогово-цифровий перетворювач;
ВДТ – відео дисплейний термінал;
ДК – дистанційне керування;
ДОН – джерела опорної напруги;
ЕОМ – електрообчислювальна машина;
ЖКИ – дисплей рідкокристалічний;
ПХ – імітація присутності господарів;
КЗ – коротке замикання;
МП – мікропроцесор;
МПС – мікропроцесорні системи;
ОЗУ – оперативно-запам’ятовуючий пристрій;
ОМК – одно кристальні мікроконтролери;
ПДК – пульт дистанційного керування.
ПЗ – програмне забезпечення;

ВСТУП

Телекомунікаційні технології розширюють сферу свого застосування в різні галузі господарства та з кожним роком підвищують якість надання послуг. Розвиток технологій відбувається за рахунок ускладнення методів корекції похибок, запровадження складних видів модуляції та маніпуляції, створення та запровадження нових середовищ передачі інформації.

Система управління освітлення допомагає економити. Управління освітлення це не тільки зручно, це також надійний метод контролю за витрат електроенергії.

Управління освітленням – одне з найголовніших переваг системи «Розумний будинок». Саме освітлення ми переважно використовуємо у будинку і саме воно є його невід’ємною частиною. При цьому господарі можуть перебувати в будь-якій кімнаті будинку або в іншому місті чи країні, оскільки управляти цією системою можна з мобільного телефону, за допомогою Інтернет або навіть голосом.

Перспективним напрямком реалізації системи освітлення побутових та промислових приміщень є використання адаптивних просторово розподілених систем на основі технології LoRa WAN.

Актуальністю даної роботи є дослідження адаптивної системи регулювання освітлення в приміщенні та зовні. Даний пристрій повинен бути легким у використанні, доступним для кожного хто забажає його придбати.

Мета – дослідження адаптивної системи регулювання світла з урахуванням наступних вимог: простота схеми, висока функціональність, великий вибір регулювання параметрів, стійкість до стрибків мережевої напруги та низьке енергоспоживання.

Об’єктом дослідження є процеси адаптивного регулювання світла для освітлення кімнат в будинку та з можливим використанням зовні.

Предмет дослідження адаптивна система регулювання світла.

Застосування однокристальних мікроконтролерів дозволяє перенести основні витрати, пов’язані з розробкою вбудованих систем управління, з апаратної у програмну область. Це тягне за собою збільшення складності

програмного забезпечення (ПЗ) мікроконтролерів. Особливістю розробки ПЗ для ОМК є використання мови низького рівня - мови асемблера. Це пов'язано з тим, що при реалізації вбудованих систем критичними є час реакції на зовнішні впливи, час виконання заданих процедур обробки даних, розмір програмного коду і області даних.

Виходячи з вищесказаного, ціллю роботи є розробка та дослідження адаптивної системи регулювання світла.

РОЗДІЛ 1.

ОГЛЯД ВІДОМИХ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ

1.1 Дослідження аналогів систем регулювання світла

Абсолютно кожна людина щодня зустрічається з світлом в своєму домі. В даний час поширними стають розумні будинки. На даний момент в лампах стоять пристрої що надають можливість керувати ними, які будуть враховувати всі перепади електроенергії, та всі зовнішні фактори. Розглянемо системи освітлення в різних сферах нашого життя. Дослідимо аналоги пристроїв, що на даний момент є на ринку.

Застосування в вуличному освітленні.

На кожному стовпі вуличних ліхтарів датчики освітленості, а також компактні метеостанції з датчиками вологості і температури. Перші для збору даних про рівень природного освітлення і регулювання інтенсивності роботи ламп, а другі для збору інформації про параметри погодних умов і визначення рівня видимості на дорогах під час туману та інших складних метеоумов. На паркових стовпах також встановленні датчики освітленості, які не тільки дозволяють регулювати яскравість ламп, але також можуть бути запрограмовані для почергового включення і виключення ліхтарів, створюючи світлові композиції в парку.

Система автоматизації управління міським освітленням була розроблена за технологією LoRaWAN: датчики передають зібрані дані по

радіоканалу 868 МГц на базові станції, встановлені в декількох частинах міста, і звідки відправляються на мережевий сервер для подальшої обробки. Програмне забезпечення для візуалізації на комп'ютерах комунальних служб передбачає декілька інтерфейсів для управління системою, дозволяючи службам регулювати освітлення в парку і на дорогах незалежно один від одного.

Головним підсумком роботи оновленої системи вуличного освітлення очікується зниження обсягів енергоспоживання вуличних ліхтарів. Такий ефект досягається за рахунок автоматичного димування ламп в залежності від кількості природного освітлення. Крім цього, комунальні служби мають змогу

швидше реагувати на скарги щодо неосвітлених ділянок доріг, бо записи на сервері додатків відображають кожен команду кожного датчика про ввімкнення або вимкнення ліхтарів. Розглянувши дану систему можна зробити висновок, що для того щоб система була економнішою можна встановити датчики руху.

Нарешті, завдяки відкритості протоколу LoRaWAN модернізована система вуличного освітлення може легко інтегрувати додаткові елементи в мережу «розумного міста» будь-якого ступеня складності. При цьому, забезпечується максимальна сумісність із вже встановленим обладнанням, а міська влада ніяк не обмежується у виборі нових постачальників технічних рішень і підрядників для проведення робіт.

Застосування освітлення в приміщеннях на підприємствах.

Система на основі бездротової передачі даних LoRaWAN, до якої підключаються світильники з димуванням, забезпечує моніторинг параметрів освітлення і має функцію дистанційного управління. На території підприємства встановлюється шлюз, який приймає інформацію від світильників і передає команду на включення в залежності від часу доби, рівня природного освітлення з вікон або ж від команди датчиків руху. Вся інформація по роботі світильників і щитових зводиться в єдиний контрольний пункт виробничих приміщень. В результаті, коли склад закривається, система автоматично відключає освітлення, переводить його в режим максимальної енергоефективності, скорочуючи споживання електроенергії на 50% -65%.

Додатково є можливість розширити систему та встановити моніторинг енерговводів. Таким чином досягається 100% контроль справності всього освітлювального обладнання, а також наявності подачі живлення на нього. Герконові датчики здатні сигналізувати про стан відкриття дверей, посилюючи систему безпеки приміщень. А гнучка система управління живленням здатна автоматизувати подачу напруги для обладнання будь-якого типу. Схожа схема представлена на рисунку 1.1.

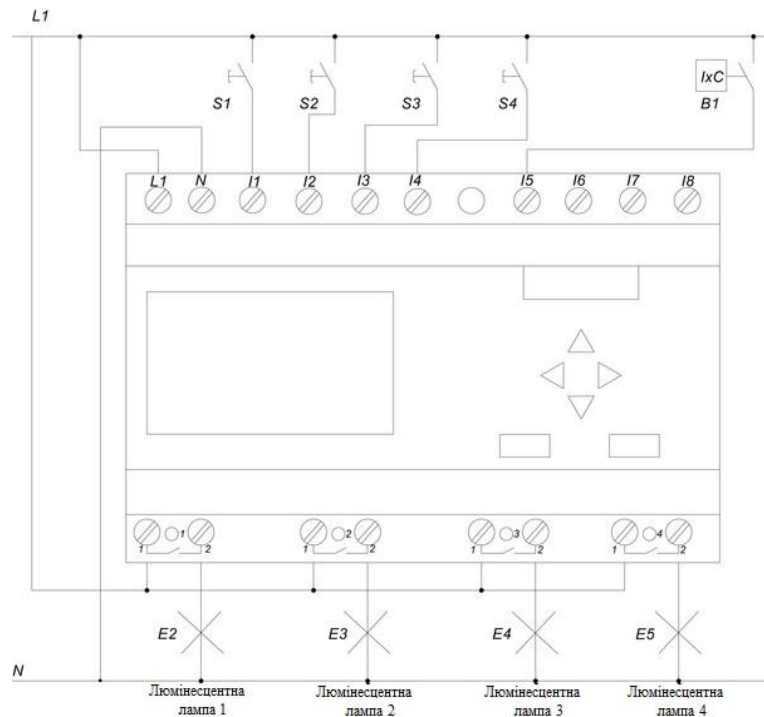


Рисунок 1.1 – Схема освітлення підприємства

Освітлення в тепличному господарстві.

Можна запропонувати встановити шлюз LoRaWAN для установки всередині тепличного приміщення. Завдяки істотній відстані передачі даних одна базова станція може покрити всю територію господарства. Додатково є можливість побудувати систему датчиків для збору інформації про:

- температуру і вологість повітря;
- вологість ґрунту;
- відкриття / закриття дверей і вентиляційних вікон;
- концентрацію вуглекислого газу (CO₂);
- рівень освітлення;
- обсяги спожитої води та електроенергії (датчики імпульсів).

Крім цього, використовуючи наявну бездротову мережу LoRaWAN, можна забезпечити автоматичне включення поливу і освітлення для рослин за допомогою бездротових актуаторів.

Вся інформація від датчиків по радіоканалу надходить на шлюз LoRaWAN і передається на сервер додатків від нашого партнера. Всі ці дані доступні оператору або черговим через web-додаток з комп'ютера або

смартфона. У разі виникнення критичних ситуацій додаток відправляє повідомлення електронною поштою або через месенджери.

Система дозволяє проводити безперервний аналіз мікрокліматичних умов у теплиці, вологості ґрунту для включення автоматичного поливу в потрібний час в потрібному місці без людського втручання і контролювати роботу устаткування для підтримки мікроклімату.

Можливість отримувати повідомлення про виникнення критичних ситуацій, використовуючи різні канали зв'язку, запобігає масштабним зламам обладнання та надмірного споживання матеріальних ресурсів. Впровадження системи оптимізує використання води та електрики в теплиці, дозволяючи більш точне планування робочого часу і бюджетування. Схема освітлення представлена на рисунку 1.2.

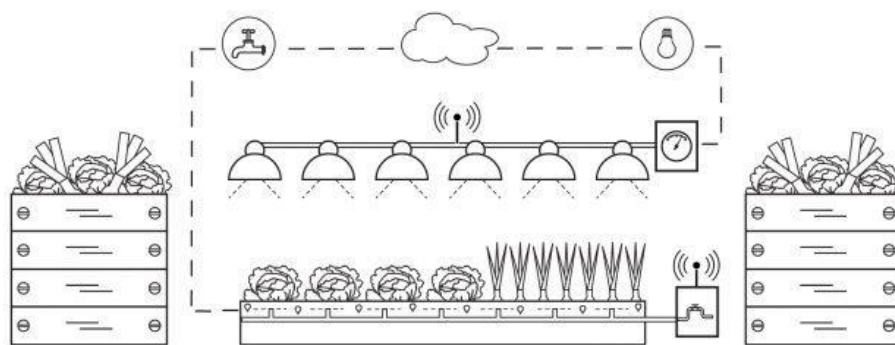


Рисунок 1.2 – Схема освітлення.

Застосування розумного освітлення в будинках.

Оптимальне використання освітлювальних приладів, з урахуванням рівня природного освітлення дозволяє забезпечити максимальну економію електричної енергії. Крім того, система забезпечує оптимальні умови для комфортного проживання людей.

1.2 Огляд елементів системи регулювання світла

Сьогодні на ринку існує багато систем дистанційного моніторингу та диспетчерського контролю. Вони дозволяють проводити моніторинг та контроль стану на об'єктах різного типу, керувати встановленим обладнанням, вмикати та вимикати його, змінювати стан віддалено, без необхідності бути у

місці встановленого кінцевого обладнання, особливо, якщо це небезпечно чи може становити загрозу для людського життя. Також це досить зручно.

Система віддаленого моніторингу і контролю є телеметричною системою, яка використовується для передачі даних з індикацією станів або команд керування від об'єкта спостереження до особи, яка відповідає за контроль і нагляд за об'єктом. Зазвичай для передачі даних використовується інтернет, GPRS, електронна пошта, MMC або СМС повідомлення або супутниковий зв'язок. Для оброблення і розподілення інформації з об'єкту використовується сервер [2].

Використання систем віддаленого керування надає наступні можливості:

- Актуальні дані про стан об'єкту спостереження.
- Постійний віддалений контроль об'єкту спостереження.
- Можливість швидкого усунення несправностей. Наприклад, можливість отримати інформацію про збій і віддалено зробити перезавантаження в об'єкті спостереження.

Схему роботи системи віддаленого моніторингу і контролю наведено на рисунку 1.3.

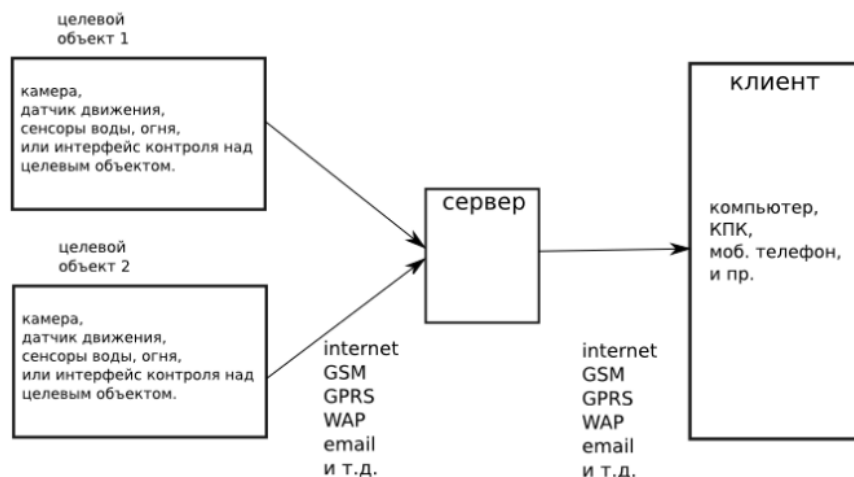


Рисунок 1.3 – Схема роботи систем віддаленого моніторингу і контролю

Система бездротової передачі даних LoRa WaN

LoRaWAN - технологія, яка застосовується в комплексних рішеннях для збору і обробки даних з розподілених датчиків. Схема даної технології зображена на рисунку 1.4.

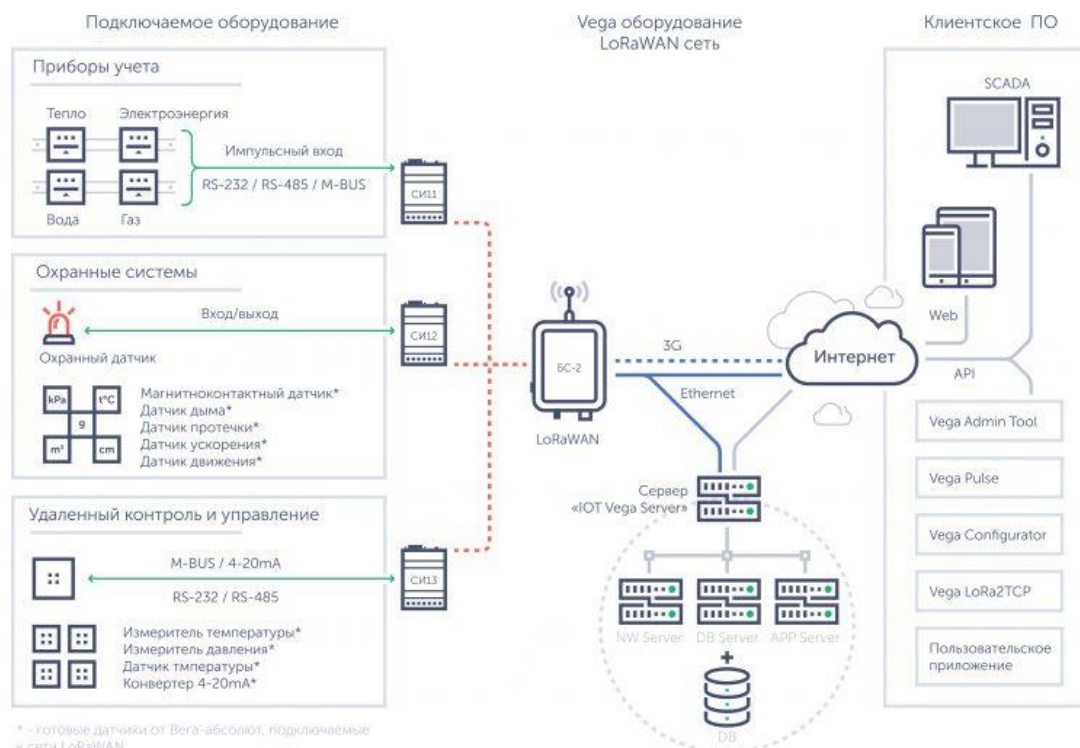


Рисунок 1.4 – Схема технології Lora Wan

Специфікацією LoRaWAN є широкосмуговий мережевий протокол малої потужності (LPWA), призначений для бездротового підключення «речей», до регіональних, національних або глобальних мереж і орієнтований на основні вимоги до Інтернету, такі як двонаправлена зв'язок, наскрізна безпека, мобільність і послуги локалізації.

Мережева архітектура LoRaWAN розгортається в топології «зірка - зірка», в якій шлюзи ретранслюють повідомлення між кінцевими пристроями і центральним сервером. Шлюзи підключаються до мережевого сервера через стандартні IP-з'єднання і працюють як прозорий міст, просто перетворюючи RF-пакети в IP-пакети і навпаки. Бездротовий зв'язок використовує переваги Long Range (Діапазон Далекого Дії) для фізичного рівня LoRa, дозволяючи одноточечне з'єднання між кінцевим пристроєм і одним або декількома шлюзами. Всі режими здатні до двобічного зв'язку, і є підтримка груп багатоадресної адресації для ефективного використання спектра під час таких

завдань, як модернізація прошивки по повітрю (FOTA) або інші повідомлення масового поширення.[3]

Система складається з набору датчиків, що працюють від батарей і забезпечених бездротовим інтерфейсом LoRa, і базової станції (шлюзу), яка приймає дані від датчиків і передає їх на сервер або в хмару для подальшої обробки та аналізу.

За рахунок використання вузької смуги передачі і великих інтервалів між передачею показань досягається висока енергоефективність датчиків.

Середній термін роботи датчика від батареї становить 5-7 років, а в окремих випадках до 10 років.

Ліцензування використовуваного технологією LoRaWAN радіочастотного діапазону не потрібно, і таке рішення може бути розгорнуто як на рівні міста / району, так і в окремому приватному об'єкті.

У той час як інші технології бездротового зв'язку, такі як Bluetooth і BLE (а в деякій мірі Wi-Fi і ZigBee), неможливо встановити для передачі даних на великі відстані, LPWAN, і зокрема її реалізація - LoRaWAN, навпаки, забезпечує обмін невеликими обсягами даних на значній дистанції.

Технологія, використовувана в мережі LoRaWAN, призначена для підключення недорогих датчиків на батарейках, які працюють на великих відстанях в жорстких умовах, які раніше були занадто складними або дорогими для підключення.

Завдяки значній проникаючої здатності сигналу, шлюз LoRaWAN, розміщений на будівлі або вежі, може підключатися до датчиків або лічильників, розташованих більш ніж в 16 кілометрах або, наприклад, що знаходяться в підвалах, а в деяких випадках - під землею.

Сфери застосування LoRaWAN

Розумне місто: управління трафіком, паркінгами, освітленням; (Вода, газ, тепло, електрику і т.д.); моніторинг якості повітря, повеней, стану мостів, міський рослинності.

Аеропорт: відстеження місця розташування техніки, багажних візків, співробітників, транзитного вантажу і багажу.

Раннє виявлення пожеж: моніторинг N₂, CO, CO₂, PM₁₀; швидке виявлення змін температури і вологості; виявлення і підрахунок грозових розрядів; оповіщення і повідомлення в реальному часі.

Управління будинками: моніторинг температури, вологості, якості повітря, витоків, споживання ресурсів, присутності на робочому місці; вхід в будівлю (віртуальний турнікет); управління освітленням; розумні рекреаційні приміщення і ліфти; системи зворотного зв'язку.

У сільському господарстві: відстеження активів, моніторинг навколишнього середовища, іригація / моніторинг вологості ґрунту; Розумне управління водою; точне землеробство; боротьба з шкідниками; відстеження та моніторинг стану худоби; віддалене управління обладнанням; розумне рибництво і т.д.

Нафтогазова галузь: безпека працівників; контроль гирла свердловини / нафтової вишки; моніторинг трубопроводів; профілактичне обслуговування; відстеження активів і віддалений моніторинг; моніторинг навколишнього середовища і паливних танків; цілісність активів.

Логістика і трекінг: відстеження піддонів, контейнерів, вагонів, транспортних засобів, активів, тварин; безпеку працівників; Geo-fencing; управління запасами; розумне складування, автоматизація процесів; моніторинг використання машин і механізмів (профілактичне обслуговування).

Розумний офіс: рішення для моніторингу та управління зайнятістю приміщення, координації та обліку зустрічей і аналізу статистичних даних.[3]

Використання мікроконтролера

Для проектування пристрою потрібен відносно недорогий, простий і широко використовуваний мікроконтролер. Тому для своєї магістерської роботи було вибрано мікроконтролер сімейства AVR фірми Atmel. Ці МК прості у використанні, з низькою споживаною потужністю і високим рівнем інтеграції. Дані пристрої унікальним чином поєднують в собі продуктивність, енергоефективність і гнучкість проектування. Проаналізувавши їх можна зробити висновок, що найбільш підходящим за всіма характеристиками є

мікроконтролер ATmega16L. На рисунку 1.5 зображений загальний вигляд мікроконтролера ATmega 16L. На рисунку 1.6 зображена функціональна схема МК ATmega16L.



Рисунок 1.5 – Загальний вигляд мікроконтролера ATmega 16L

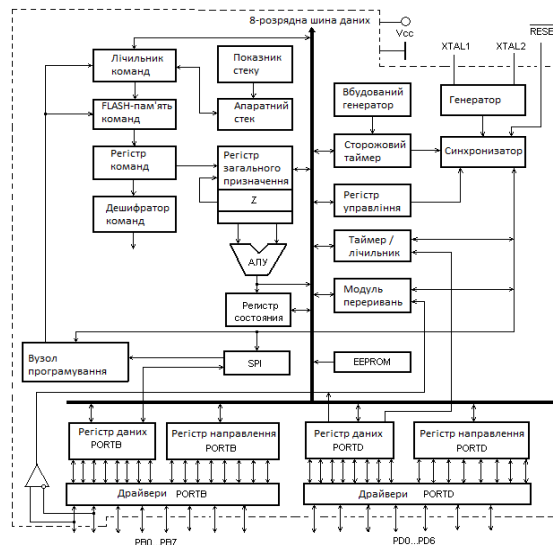


Рисунок 1.6 – Функціональна схема ATmega16L

Основні характеристики МК

- 8-ми розрядний високопродуктивний AVR мікроконтролер з малим споживанням;
- прогресивна RISC архітектура – архітектура високої продуктивності і малого споживання:
- 32 регістри загального призначення;
- повністю статична робота;
- висока продуктивність(16 MIPS);
- Flash пам'ять на 16Кбайт;
- забезпечує майже 1000 циклів як стирання так і запису;
- додатковий сектор завантажувальних кодів з незалежними бітами блокування;

- програмоване блокування, дає можливість захистити програмні засоби користувача.
- інтерфейси SPI, I2C, TWI, RS-232, JTAG;
- послідовний двопровідний інтерфейс TWI (аналог I2C);
- можливість програмування безпосередньо в цільовій системі через послідовні інтерфейси SPI і JTAG;
- інтерфейс JTAG:
- можливість сканування периферії, що відповідає стандарту JTAG;
- розширена підтримка вбудованого відлагодження;
- програмування через JTAG інтерфейс: Flash, EEPROM пам'яті, перемичок і бітів блокування:
- робоча напруга 2,7 – 5,5 В, частота робоча 0-8 МГц;
- програмне зниження частоти тактового генератора;
- детектор зниження напруги живлення (BOD);
- 21 джерело переривань (внутрішніх і зовнішніх);
- багаторівнева система переривань, підтримка черги переривань;
- можливість захисту від несанкціонованого читання і модифікації пам'яті програм і даних;
- завантажувальний сектор з незалежними бітами захисту;
- можливість читання пам'яті програм під час її запису;
- сторожовий таймер WDT;

Завдяки багатьом якостей ОМК знаходять широке застосування в системах промислової автоматики, контрольно-вимірювальних приладах і системах, апаратурі зв'язку, автомобільній електроніці, медичному обладнанні, побутовій техніці та багатьох інших областях.

Застосування однокристальних мікроконтролерів дозволяє перенести основні витрати, пов'язані з розробкою вбудованих систем управління, з апаратної у програмну область. Це тягне за собою збільшення складності програмного забезпечення (ПЗ) мікроконтролерів.

На етапі розробки програмного забезпечення, його трансляція і відлагодження на моделях істотно залежить від системних засобів які

використовувалися. На даний момент ресурси 8-ми розрядних мікроконтролерів достатні для програмування на мовах високого рівня. Що дає можливість використовувати усі переваги структурного програмування, розробляти програмне забезпечення з використанням окремо трансльованих модулів, але для того щоб забезпечити контроль інтервалів часу , використовують мову низькорівневого програмування – асемблер.

Найпотужнішим засобом розробки являється інтегроване середовище розробки. В їх наявні менеджери проектів, текстовий редактор і симулятор, а також, допускають підключення компіляторів мов високого рівня типу С. При цьому необхідно мати на увазі, що архітектура багатьох 8-ми розрядних МК внаслідок малої кількості ресурсів, сторінкового розподілу пам'яті, незручної індексної адресації і деяких інших архітектурних обмежень не забезпечує компілятору можливості генерувати ефективний код. Використання програм симуляторів надають користувачеві можливість використовувати всі переваги перевірки і відлагодження програмного забезпечення, що ті в свою чергу надають користувачеві можливість виконувати розроблену програму на програмно-логічній моделі МК. Програмні симулятори поширюються, як правило, безкоштовно і конфігуровані відразу на декілька МК одного сімейства. Вибір конкретного типу МК серед моделей сімейства забезпечує відповідна опція меню конфігурації симулятора. Під час цього моделюється робота ЦП, усіх портів введення/виведення, переривань і іншої периферії. Карта пам'яті модельованого МК завантажується в симулятор автоматично, відлагодження ведеться в символічних позначеннях регістрів.[5]

Висновки до розділу

Проведений аналіз предметної області дозволив визначити основні принципи роботи аналогів притрою. Огляд наявних аналогів та виявлення протиріч між наявними можливостями та потребами показав, що головними функціями майбутньої системи має бути: стійкість до перепад напруг, низьке енергоспоживання, простота схем . Вибрали мікроконтролер який би точно підійшовши і виконував усі задачі які будуть поставлені перед ним. Розглянули архітектуру самого мікроконтролера, також вивчили його роботу.

Визначившись з оптимальною архітектурою, обрано необхідний та достатній набір програмних продуктів для реалізації поставлених задач.

РОЗДІЛ 2.

РОЗРОБКА АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ

2.1 Розробка структурної схеми

Структурна схема — схема, яка визначає основні функціональні частини виробу, їх взаємозв'язки та призначення. Структурна схема призначена для відображення загальної структури пристрою, тобто його основних блоків, вузлів, частин та головних зв'язків між ними. Із схеми повинно бути зрозуміло, навіщо потрібний даний пристрій і як він працює в основних режимах роботи, як взаємодіють його частини.

Розглянемо структурну схему системи нагляду за освітленням, яка представлена на рисунку 2.1.

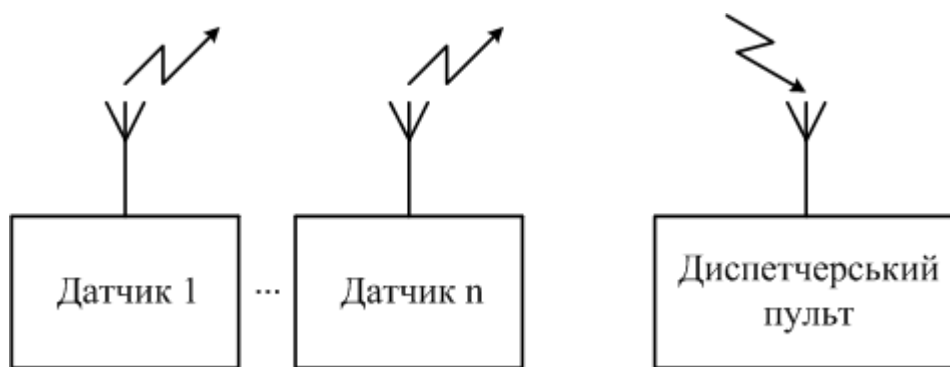


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи нагляду за освітленням.

Дана система буде працювати наступним чином.

В кожній кімнаті буде розміщено по одному датчику який буде обладнаний детектором руху та інфрачервоним детектором. Дана система буде працювати цілодобово. Так як система має бути мобільною то зв'язок між датчиками і диспетчерським пультом буде відбуватись по радіолініях. Це набагато зручніше тому що не потрібно тягти купу кабелів від датчиків до пульту, з легкістю можна буде як встановити так і замінити датчик який вийшов з ладу. Можна буде з легкістю можна міняти розташування датчиків в різних кімнатах тільки диспетчерський пульт.

Через датчики будуть зв'язуватися з пультом по радіоканалі а не по кабелі по якому можна було б підключити живлення то кожний датчик буде живитись від батареї яка буде встановлена в кожному датчику.

Структурна схема диспетчерського пульта.

На рисунку 2.2 представлена структурна схема диспетчерського пульта, що складається з наступних частин: мікроконтролера, приймача, антени, дисплея, динаміка та джерела живлення.

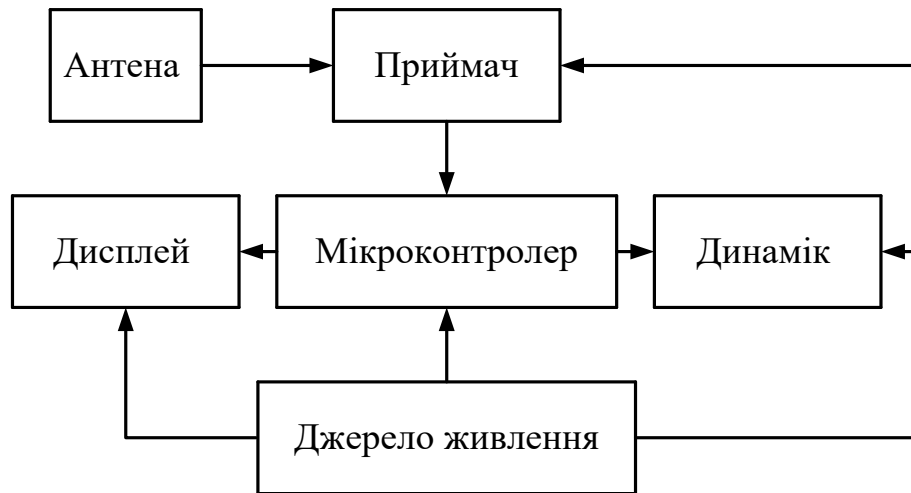


Рисунок 2.2 – Структурна схема диспетчерського пульта.

Принцип роботи пульта наступний:

На антену приходить високочастотний сигнал який далі надходить на вхід приймача який демодулює отриманий сигнал і на виході ми отримуємо сигнал низької частоти. Далі цей низькочастотний сигнал приходить на вхід мікроконтролера який обробляє цей сигнал і виводить на дисплей інформацію який датчик спрацював і що там сталося. І одночасно з тим подає сигнал на динамік. Диспетчерський пульт буде живитись від джерела постійного струму напругою 12 вольт, а саме від свинцево-кислотного акумулятора напругою 12 вольт і ємністю 10 ампер/годину.

Основою системи є блок управління на основі мікроконтролера ATmega16L–8PU фірми ATMEL (рис. 2.3).

- БП - блок живлення (здійснює живлення мікроконтролера і пристроїв керування необхідними напруженнями);
- УУ1, УУ2 - пристрій керування 1-ого та 2-ого каналу відповідно (здійснюють силове керування лампами освітлення за заданою програмою);
- Датчики стану – ультразвуковий і інфрачервоний датчик керування 1-им і 2-м каналами (здійснюють управління каналами освітлення, за заданою програмою);
- HL1, HL2 - лампи освітлення (освітлюють приміщення в різних режимах і необхідної яскравості).

Функціональна схема

Функціональна схема — схема, що роз'яснює певні процеси, що відбуваються у певних функціональних частинах виробу чи у виробі в цілому.

Функціональна схема містить інформацію про способи реалізації пристроєм заданих функцій. За такою схемою можна визначити, як здійснюються перетворення і які для цього необхідні функціональні елементи. Кожен функціональний елемент містить лише ті входи і виходи, які необхідні для його коректної роботи. Дана схема розробляється на основі структурної схеми для кожного блоку, в результаті з окремих функціональних елементів складається загальна функціональна схема об'єкту.

На основі функціональної та структурної схем розробляється принципова схема.

Регулювання потужності заснована на реверсивному принципі управління фазою. Навантаження включається в кожному напівперіоді мережі в момент переходу мережевої напруги через нуль і вимикається через певний інтервал часу в залежності від необхідного рівня яскравості. Комутація навантаження здійснюється потужними MOSFET транзисторами. Таке рішення має цілий ряд переваг перед класичною схемою прямого фазового регулювання на основі TRIAC:

- «м'яке» управління транзистором дозволяє знизити рівень перешкод і дзвін нитки лампи - не потрібен громіздкий мережевий фільтр, що знижує ефективність і часто є джерелом неприємного дзижчання;

- завдяки наростання напруги з нуля і малому дзвону нитки, лампи служать набагато довше;
- завдяки наростанню напруги з нуля і малому дзвону нитки, лампи служать набагато довше;
- для управління MOSFET транзисторів потрібно набагато менший струм;
- більш низьке падіння напруги на переході транзистора скорочує тепловиділення;
- відсутність поняття «струм утримання» дозволяє плавно регулювати малу яскравість.
- Діодний міст виконує три функції:
 - 1) створює пульсуюче однополярної напругу для живлення навантаження;
 - 2) випрямляє мережеву напруга для живлення схеми;
 - 3) забезпечує мережеву напруга подвоєною частотою (100 Гц), що використовується МК для визначення моменту переходу фази мережі через нуль.

Детектування переходу мережевої напруги через нуль здійснюється тим же дільником напруги і тим же каналом вбудованого в МК АЦП, які призначені для вимірювання напруги на лампі. Це дозволяє відмовитися від вбудованого в МК компаратора і зменшити тим самим струм. Фільтрація мережевих перешкод реалізується програмно.

Блок живлення виконаний по безтрансформаторних схемах з резистором (баластом). Будувати блок живлення по трансформаторною схемою теж не вийде, тому що не існує мережевих трансформаторів, які підходили б за габаритами (максимально допустима висота 13 мм).

Як регулюючий елемент застосоване прецизійне мікропотужне джерело опорної напруги +5 В паралельного типу (ДОН). У порівнянні зі звичайним стабілітроном, обраний ДОН має дві важливі переваги. По-перше, одночасно зі стабілізацією харчування МК виходить стабільна опорна напруга АЦП. По-

друге, на порядок зменшується споживаний регулюючим елементом струм (приблизно з 1 мА до 0,1 мА).

Пристрій має захист від короткого замикання, перевищення потужності навантаження і підвищення напруги.

Регулювання потужності засноване на реверсивному принципі управління фазою. Лампа, включається в кожному напів-періоді мережі в момент переходу мережевої напруги через нуль і вимикається через певний інтервал часу в залежності від необхідного рівня яскравості. Комутація даного навантаження здійснюється MOSFET транзисторами. Даний вибір має цілий ряд переваг, в порівнянні з класичною схемою прямого регулювання на основі тиристора або семістора:

- управління транзистором дає можливість знизити рівень перешкод і дзвін нитки розжарювання лампи не потрібен громіздкий мережевий фільтр, що знижує і часто є джерелом дзижчання;
- лампи будуть служити довше завдяки плавному наростанню напруги;
- малий дзвін спіралі;
- для управління даними транзисторами потрібно значно менший струм.

Стабілізація потужності заснована на використанні формули $P = U^2 / R$.

Взявши до уваги, що опір нитки розжарювання постійний то, вимірюючи і коректуючи в кожному напів-періоді середню напругу на лампі, можна виконати стабілізацію її яскравості. Тому зміна опору нитки при включенні не враховується, так як при цьому, так само як і при регулюванні яскравості, стабілізація не потрібна. Опір нитки розжарення залежить від температури, а також змінюється в деяких межах протягом кожного напів-періоду.

Максимальна напруга, яку можна подати на лампу зменшено, щоб було за рахунок чого здійснювати стабілізацію при зменшенні напруги мережі.

Напруга вимірюється не на самій лампі, а на виході діодного моста, до якого вона підключена. Падіння напруги на каналі втік-витік транзистора мало і ним можна знехтувати.

Діодний міст виконує три функції:

- випрямляє мережеву напругу для живлення схеми;
- створює імпульсну однополярну напругу для живлення навантаження;
- забезпечує мережеву напругу подвоєної частоти 100 Гц.

Програмно реалізуємо фільтрацію мережевих перешкод. Блок живлення виконаний за принципом безтрансформаторної схеми з баластним резистором. Використовувати як баласт конденсатор в даній схемі не коректно, так як для цього потрібні два діодних моста з об'єднаними виводами загального дроту, що неможливо з причини КЗ. Будувати блок живлення за трансформаторною схемою теж не вийде, так як не існує мережевих трансформаторів, які підходили б за габаритами – висота 13мм. Як компонент, що регулює напругу +5 В, застосовано прецизійне мікропотужне джерело опорної напруги паралельного типу. У порівнянні зі звичайним стабілітроном, обраний ДОН має дві важливі переваги:

- одночасно зі стабілізацією напруги живлення МК виходить стабільний опорний рівень для АЦП.
- зменшення споживаного регулюючим компонентом електричного струму з 1 мА до 0,1 мА.

Для гасіння надлишку напруги, що надходить на вхід ДОН, використовується баластний опір, утворений резисторами R1 і R2. Принцип дії ДОН паралельного типу збігається зі звичайним стабілітроном, тому для розрахунку резистором можна застосувати класичну формулу:

$$R = (U_{\text{вх}} - U_{\text{ст}}) / (I_{\text{н}} + I_{\text{ст}}), \quad (2.1)$$

де

$U_{\text{вх}}$ – вхідна напруга, що знімається з виходу діодного моста;

$U_{\text{ст}}$ – напруга стабілізації стабілітрона;

$I_{\text{н}}$ – струм навантаження;

$I_{\text{ст}}$ – струм стабілітрона.

Змінимо формулу з урахуванням падіння напруги на двох діодах:

$$R = (U_{\text{вх}} - 2 \times U_{\text{д}} - U_{\text{ст}}) / (I_{\text{н}} + I_{\text{ст}}), \quad (2.2)$$

де

$U_{\text{д}}$ – падіння напруги на діодному мості.

Падіння напруги на запобіжнику не враховуємо, тому що воно становить всього 0,2 В при максимальному навантаженні. Додавши коефіцієнт, що враховує розкид опору резистора, отримуємо кінцеву формулу:

$$R = (U_{\text{вх}} - 2 \times U_{\text{д}} - U_{\text{ст}}) / (I_{\text{н}} + I_{\text{ст}}) \times K_{\text{г}}, \quad (2.3)$$

де

$K_{\text{г}}$ – коефіцієнт розкиду опору резистора.

Опір резистора повинен бути, з одного боку, досить низьким, щоб забезпечити мінімальний струм стабілітрона при максимальному струмі навантаження і мініимальному напрузі мережі, але, з іншого боку, досить високим, щоб при максимальній напрузі мережі і мініимальному струмі навантаження не перевищити максимально допустимий струм стабілітрона.

Потрібно з'ясувати максимальний опір резистора, що забезпечує мінімальний струм стабілітрона при найгірших умовах.

Мінімальне середнє значення випрямленої напруги $U_{\text{вх}}$ при 10% -му допуску на напругу мережі складе 198 В. Але тут потрібно також врахувати зниження напруги під впливом потужного навантаження. У розрахунку максимальної яскравості лампи зазначено зниження на 4 В, відповідно:

$$U_{\text{вх}} = 198 - 4 = 194 \text{ (В)}. \quad (2.4)$$

Найбільше падіння напруги на діодному мосту $U_{\text{д}}$ буде при максимальному навантаженні. При струмі навантаження 0,55 А, коли обидві

лампи включені на максимальну яскравість, пряма напруга для одного діода становить 0,73 В. Відхилення стабілізованої напруги дорівнює 1%, відповідно:

$$U_{\text{ст}} = 5 + 0,05 = 5,05 \text{ (В)} \quad (2.5)$$

Мінімальний струм, необхідний для роботи стабілітрона, відповідно до його опису, становить $I_{\text{ст}} = 0,1 \text{ мА}$. Оскільки в схемі використовуються два резистора, кожен з яких має допуск 5%, приймаємо коефіцієнт $K_r = 0,9$. Струм не залежить від того, чи включені канали, в якому кількості і на якій яскравості. Незначні величини зворотнього струму захисного діода, діодного моста, транзисторів, а також струми витоку конденсаторів не враховуються. Значною мірою на струм споживання впливає натискання кнопок. У цьому випадку струм протікає від плюса джерела живлення через внутрішній резистор МК і замкнуту кнопку на землю. Зазначений в описі МК мінімальний опір внутрішнього резистора становить 20 кОм. Якщо натиснуті обидві кнопки, то струм можна визначити за формулою

$$I = n \times U / R, \quad (2.6)$$

де

n – кількість натиснутих кнопок;

U – напруга, що протікає через резистор;

R – мінімальний опір внутрішнього резистора.

Підставивши значення, отримаємо:

$$I = 2 \times (5 / 20000) = 0,5 \text{ (мА)}.$$

Таким чином, сумарний максимальний струм споживання по ланцюгу +5 В, при напрузі рівно 5,0 В, дорівнює:

$$2,2 + 0,5 = 2,7 \text{ (мА)}.$$

В іншому випадку, тобто при напрузі 5,05 В, споживаний струм складе:

$$I_n = 5,05 \times 2,7 / 5 = 2,73 \text{ (мА)}.$$

Якби в схемі використовувався однонапівперіодний випрямляч, цей струм потрібно було б подвоїти. Підставимо отримані дані у вихідну формулу (1.3):

$$R = (194 - 2 \times 0,73 - 5,05) / (0,00273 + 0,0001) \times 0,9 = (187,49 / 0,00283) \times 0,9 = 66251 \times 0,9 = 59626 \text{ (Ом)}.$$

Баласт повинен мати опір не більше 60кОМ. Його можна отримати, поєднавши послідовно два резистора по 30 кОМ.

Тепер для знайденого опору баластного резистора розрахуємо, чи не вийде з ладу стабілітрон, якщо напруга мережі збільшиться до рівня обмеження захисного діода VD1, а також при впливі інших несприятливих чинників. Перетворимо раніше використану формулу до наступного вигляду:

$$I_{\text{ст}} = (U_{\text{вх}} - 2 \times U_{\text{д}} - U_{\text{ст}}) / (R \times K_{\text{г}}) - I_{\text{н}} \quad (2.7)$$

Для розрахунку приймаємо такі чисельні значення:

- максимальна напруга обмеження захисного діода $U_{\text{вх}} = 548 \text{ В}$;
- при відсутності навантаження падіння напруги на одному діоді діодного моста складе $U_{\text{д}} = 0,65 \text{ В}$;

- мінімальна напруга стабілізації стабілітрона, $U_{\text{ст}} = 5 - 0,05 = 4,95 \text{ (В)}$;

- так як шунт складений з двох резисторів,

$$R = 30000 + 30000 = 60000 \text{ (Ом)};$$

- коефіцієнт опору $K_{\text{г}}$ приймаємо рівним 0,95, тому що при цьому струм стабілітрона буде більше.

Мінімальний струм навантаження буде при не натиснутих кнопках. При номінальній напрузі живлення 5 В цей струм дорівнює 2,2 мА. Відповідно при мінімальній напрузі 4,95 В струм буде дорівнює:

$$I_{\text{н}} = 4,95 \times 2,2 / 5 = 2,18 \text{ (мА)}.$$

$$I_{\text{ст}} = ((548 - 2 \times 0,65 - 4,95) / ((30000 + 30000) \times 0,95)) - 0,00218 = (541,75 / 57000) - 0,00218 = 7,3 \text{ (мА)}.$$

Отримане значення менше 12 мА - величина максимального струму ДОН, рекомендованого в його описі. Потужність ДОН, що розсіюється при такому струмі обчислимо формулою:

$$5 \times 0,007 = 35 \text{ (мВт)}.$$

Переходимо до розрахунку потужності баластного резистора. На перший погляд, здавалося б, резистора 0,5 Вт буде цілком достатньо, адже він

витримує напругу до 350 В. Насправді це не так. В сказано, що потужність резистора, що вказується в його описі, дійсна лише в тому випадку, якщо його опір вище так званого критичного. Останнє обчислюється за формулою:

$$R_k = U_{\text{пасп}}^2 / P_{\text{пасп}}, \quad (2.8)$$

де

$U_{\text{пасп}}$ – паспортна робоча напруга резистора;

$P_{\text{пасп}}$ – паспортна потужність.

Для резистора серії С2-23 потужністю 0,5 Вт критичний опір:

$$R_k = 3502 / 0,5 = 245 \text{ (кОм)}. \quad (2.9)$$

Якщо опір резистора, як в нашому випадку, менше критичного розрахунок потужності слід проводити за формулою: $P = U^2 / R$. З огляду на максимальну напругу мережі, мінімальне падіння напруги на діодному мості, і мінімальну напругу стабілізації, потужність резистора буде дорівнює:

$$P = (U_{\text{вх}} - 2 \times U_{\text{д}} - U_{\text{ст}})^2 / R \quad (2.10)$$

Підставивши значення, отримаємо:

$$P = (242 - 2 \times 0,65 - 4,95)^2 / 60000 = 0,93 \text{ (Вт)}.$$

З огляду на дані дослідження виявилось, що потужність резистора 1 Вт також недостатньо. Даний експеримент показав, що навіть резистор 2 Вт опром 56 кОм сильно нагрівається. Згідно з вимогами проекту, це неприпустимо тому дане нагрівання потрібно було усунути. В результаті було вирішено використовувати два 2 Вт резистора, з'єднавши їх послідовно. Крім зниження температури, це підвищує надійність пристрою, тому що в разі пробою одного з резисторів, другий захистить виходу ДОН з ладу. Щоб забезпечити рівномірний нагрів, номінали резисторів повинні бути однаковими. Слід надавати перевагу 2 Вт резисторам серії МЛТ-2. Їх габарити трохи більші за аналоги серії С2-23, однак вони менше нагріваються. Через кілька секунд після закінчення регулювання яскравості її значення запам'ятовується в EEPROM. Відповідно до опису МК, струм програмування становить 6 мА. Звідси випливає, що в порівнянні з струмом споживання в звичайному режимі струм при записі зростає майже в чотири рази:

$$2,2 + 6 / 2,2 = 3,7 \text{ (мА)}. \quad (2.11)$$

Цикл запису, згідно з описом МК, триває 8,5 мс, тобто майже цілий напівперіод (10 мс). При цих умовах заряд конденсатора, який був накопичений швидко виснажується, що призводить до зменшення напруги живлення МК і зразкової напруги АЦП. Візуально це виглядає як короткочасне одноразове моргання лампи через кілька секунд після закінчення регулювання яскравості. Ефект помітний при рівні яскравості вище середнього.

Код програми побудований таким чином, що цикли запису в EEPROM слідують один за одним через кожні 10 мс. Якщо регулювання яскравості припиняється одночасно для двох каналів, запис в пам'ять триватиме на 8,5 мс більше. За 1,5 мс конденсатор не встигне повністю зарядитися, відповідно, напруга опуститься ще нижче, і моргання лампи буде ще помітніше, особливо при зниженій напрузі мережі.

Номінал 1000 мкФ дає можливість усунути моргання після закінчення регулювання яскравості одного каналу, і зробити моргання майже не помітним після одночасного закінчення регулювання яскравості обох каналів. Подальшому підвищенню ємності конденсатора перешкоджають малі габарити пристрою. Можна було організувати затримку між послідовними записами в EEPROM. Однак збільшення часу виконання основної програми за рахунок додавання коду, в даному випадку не виправдано. Перша причина, це мала ймовірність того, що обидві кнопки будуть відпущені одночасно, причому на рівні яскравості вище середнього для обох ламп. По-друге, невелика ймовірність того, що напруга в мережі впаде до 198 В. Нарешті, по-третє, моргання мало помітне щоб приділяти цьому увагу.

Після підключення пристрою до мережі, щоб до початку основного циклу програми напруга живлення МК стабілізувалася на номінальному рівні, потрібно організувати затримку старту. Якщо цього не зробити, то внаслідок заниженої опорної напруги АЦП порушиться плавність автоматичного включення каналів.

З огляду на пряму залежність частоти внутрішнього RC-генератора МК

від напруги живлення, а також похибка вимірювань, була обрана затримка з запасом, рівна 4 секундам. Частина цієї затримки забезпечується внутрішніми вузлами МК.

Переходимо до вибору номінальної напруги конденсатора. Цей параметр в значній мірі визначає термін його служби. Рекомендовано, щоб робоча напруга становила 80 ... 100% від номінальної. Вибираємо конденсатор з напругою 6,3 В.

Слід звернути увагу на наступний факт. В описах електролітичних конденсаторів зазначено, що, починаючи з робочої напруги 25 В, їх ємність змінюється з часом на 20%. Для менших ж напружень це значення дорівнює 25%.

Верхня межа температурного діапазону, на який розрахований вибраний конденсатор, становить 105°C. Це ще один параметр, що впливає на термін служби конденсатора. Вибір обумовлений також тим, що корпус пристрою трохи нагрівається від ламп, діодного моста і баластного резистора.

Зменшення ємності конденсатора, пов'язане з довготривалим використанням, не порушить працездатність пристрою. Можливо лише помітне моргання ламп в момент запам'ятовування яскравості.

Напруга живлення схеми складає 5 В, знаємо це з того що використовується МК U1 має індекс L, що означає можливість роботи при нарузі живлення від 2,7 до 5 В. Це пов'язано з великою ємністю фільтруючого конденсатора, тобто з плавним наростанням напруги живлення при підключенні пристрою до мережі.

Поріг вбудованого в МК супервізора живлення виставлений відповідно до опису на 2,7 В. Якщо ж цей поріг зробити рівним 4,0 В, або використовувати звичайний МК з порогом 4,0 В, або взагалі відмовитися від вбудованого супервізора, деякі елементи МК можуть не запуститися, особливо при мінімальній нарузі мережі 198 В. Використовувати ж звичайний МК з порогом 2,7 В не можна, тому що це може привести, зокрема, до спотворення даних EEPROM, якщо під час збереження інформації відбудеться відключення

живлення.

МК тактується внутрішнім RC генератором на частоті 1 МГц. Цього достатньо щоб отримати середній час виконання основної програми 0,5 мс. Тут важливо пам'ятати про те, що підвищення тактової частоти збільшує струм споживання. Стабілізувати частоту кварцовим або керамічним резонатором не потрібно, тому що в даному застосуванні висока точність не потрібна. Також не потрібно калібрування внутрішнього генератора.

Виробник МК рекомендує вживати таких заходів при роботі з АЦП:

- встановити між виводом REF і загальним проводом фільтруючий конденсатор;
- з'єднати вивід AGND з аналоговою землею;
- використовувати LC-фільтр живлення в ланцюзі AVCC;
- при вимірюванні не перемикайтеся виводи АЦП порту, якщо вони налаштовані як цифрові виходи.

Оскільки висока вірогідність результату вимірювання не потрібна, то з метою спрощення схеми, вищевказані заходи не дотримуються. Калібрування АЦП теж не потрібно, тому що використовується звичайний канал, а не диференційний.

Незважаючи на прийняті спрощення, точність від цього не погіршується. Завдяки зовнішньому ДОН, використовуваному також в ролі стабілізатора живлення МК, результати вимірювань АЦП завжди залишаються стабільними аж до молодшого значущого розряду. За рекомендацією Atmel, для забезпечення надійної роботи МК, в безпосередній близькості від його висновків живлення встановлені блокувальні конденсатори C2 керамічний і C3 танталовий електролітичний. В даній схемі це особливо актуально, тому що при комутації затворів транзисторів, що володіють досить високою ємністю, виникають значні імпульсні струми.

Для програмування МК передбачений роз'єм JS4 "ISP" (In-System Programming, внутрішньосхемне програмування). Також як і при програмуванні EEPROM самою програмою під час роботи, під час внутрішньосхемного програмування струм МК, згідно його опису, становить 6 мА. За

результатами вимірювань максимальний споживаний струм знаходиться в інтервалі від 4,3 мА до 5,8 мА. Через малу потужності блоку живлення напруга під час програмування спадала приблизно до 3,3 В. В інтернет-ресерсах зустрічаються повідомлення про те, що МК нормально програмується при напрузі аж до 3 В.

При програмуванні МК в складі пристрою важливо звернути увагу на наступні моменти:

- потрібно гальванічна розв'язка програматора, оскільки схема знаходиться під потенціалом мережі;
- може виникнути необхідність у зовнішньому блоку живлення, якщо програматору буде недостатньо струму, що виробляється блоком живлення схеми;
- бажана установка високоомних резисторів, близько 100 кОм, між затворами і витоками транзисторів щоб не допустити їх можливого перегріву, а також виходу з ладу через самовільне відкривання і збільшення опору каналу.

Тому найкращим варіантом буде запрограмувати МК до установки в схему.

Раніше зазначалося, що МК з незадіяним супервізором живлення може не запуститися. Для того щоб обійти це обмеження і мати можливість запрограмувати фьюз, слід після появи напруги живлення короткочасно з'єднати вивід Reset МК із загальним проводом. Тому використовувався програматор-avrdude.

Резистори R3 і R4 утворюють дільник, необхідний МК для вимірювання напруги мережі і визначення моменту переходу фази через нуль. Зазвичай резистор між виходом діодного моста і входом МК рекомендується складати з двох включених послідовно, на випадок пробою одного з них, але оскільки перед доданими мостом встановлений захисний діод, ця рекомендація не виконується.

Дільник повинен бути розрахований таким чином, щоб при максимальній вхідній напрузі $U_{вх}$ вихідна напруга дільника $U_{вих}$ не

перевищувала напруга живлення МК. Ця величина визначається прямою напругою внутрішнього діода МК. В даній схемі важливо щоб вхідний сигнал не перевищував мінімальну напругу живлення МК, тому що це напруга є опорною для АЦП. Інакше результатом АЦП будуть коди відповідні опорній напрузі, а не істинного значення вхідного сигналу.

Відповідно до опису МК, АЦП розрахований на обробку низькоомних сигналів, 10 кОм і менше. Тому для нижнього плеча дільника напруги виберемо номінал рівний 9,1 кОм, щоб передбачити 5% -ний допуск опору.

Для обчислення мінімального опору верхнього плеча дільника скористаємося стандартною формулою:

$$U_{\text{вих}} = (U_{\text{вх}} \times R_2) / (R_1 + R_2) \quad (2.12)$$

Звідси:

$$R_1 = ((U_{\text{вх}} - U_{\text{вих}}) \times R_2) / U_{\text{вих}} \quad (2.13)$$

Введемо коефіцієнт KBX, що визначає максимальне відхилення напруги:

$$R_1 = ((U_{\text{вх}} \times KBX \times 1,41 - U_{\text{вих}}) \times R_2) / U_{\text{вих}}. \quad (2.14)$$

Врахуємо падіння напруги на двох діодах діодного моста:

$$R_1 = ((U_{\text{вх}} \times KBX \times 1,41 - 2 \times U_{\text{д}} - U_{\text{вих}}) \times R_2) / U_{\text{вих}} \quad (2.15)$$

Падіння напруги на запобіжнику не враховується, тому що воно становить всього 0,2 В при максимальному навантаженні.

Залишилося додати коефіцієнти K_r , що визначають відхилення резисторів від номіналу:

$$R_1 = ((U_{\text{вх}} \times KBX \times 1,41 - 2 \times U_{\text{д}} - U_{\text{вих}}) \times R_2 \times K_{r2}) \times K_{r1} / U_{\text{вих}} \quad (2.16)$$

Переходимо до підстановки чисельних значень.

Вхідна напруга $U_{\text{вх}} = 220$ В, його відхилення $KBX = 10\%$.

Як значення $U_{\text{д}}$ беремо мінімальне падіння напруги, тому що в цьому випадку опір резистора R_1 буде більше. Мінімальна падіння напруги на діодах моста буде при мінімальному струмі, тобто при відключеному навантаженні. Судячи з опису діодного моста, падіння напруги на одному елементі при струмі навантаження 10 мА дорівнює $U_{\text{д}} = 0,65$ В.

Завдяки використанню фільтруючого конденсатора великої ємності,

пульсаціями БЖ можна знехтувати. Тому мінімальна напруга живлення МК визначається мінімальною напругою стабілізації ДОН:

$$U_{\text{вих}} = 5 - 1\% = 4,95 \text{ (В)} \quad (2.17).$$

Стандартний допуск на відхилення опору резисторів дорівнює $K_r = 5\%$. Потрібно передбачити ситуацію, коли опір R_3 буде більше, тому що при цьому $U_{\text{вих}}$ теж збільшиться. Це, як було зазначено раніше, може призвести до невірного результату вимірювання. Тому приймаємо $K_{r3} = 0,95$. З опором R_4 ситуація протилежна – важливо врахувати зменшення опору $K_{r1} = 1,05$. Підставляючи чисельні значення в формулу, отримуємо:

$$\begin{aligned} R_3 &= ((220 \times 1,1 \times 1,41 - 2 \times 0,65 - 4,95) \times 9,1 \times 10^3 \times 0,95) \times 1,05 / 4,95 \\ &= (334,97 \times 8,65 \times 10^3) \times 1,05 / 4,95 = 3042,37 \times 10^3 / 4,95 = 614,6 \times 10^3 \\ &\quad \text{(Ом)}. \end{aligned} \quad (2.18)$$

Найближчим опором зі стандартного ряду, що перевищує отримане значення, є номінал 620 кОм. Оскільки падіння напруги на резисторі верхнього плеча діляника може досягати $242 \times 1,41 = 341 \text{ В}$, резистор повинен мати потужність 0,5 Вт. Як було показано при розрахунку баластного резистора, на паспортну потужність можна орієнтуватися тільки тоді, коли опір резистора більше критичного. Для резистора серії С2-23 потужністю 0,5 Вт критичний опір становить:

$$R_k = 350^2 / 0,5 = 245 \text{ (кОм)}. \quad (2.19)$$

Що майже в три рази менше ніж 620 кОм. Отже, потужність резистора 0,5Вт в даному випадку обрано правильно. Навантаження комутується N-канальними MOSFET транзисторами VT1 і VT2. Особливістю схеми є відсутність драйвера, що відповідно до вимоги проекту зменшує кількість використовуваних компонентів. Транзистори управляються безпосередньо виходами МК. Як з'ясувалося, при напрузі на затворі 5 В і потужності навантаження 60 Вт канал транзистора майже повністю відкривається, навіть незважаючи на досить високий опір резистора в ланцюзі затвора. Так відбувається завдяки тому, що струм навантаження (близько 0,25 А) становить величину приблизно в 20 разів меншу максимально допустимого струму стоку транзистора. При таких умовах падіння напруги на переході втік-витік

транзистора складає менше 1 В, що не призводить до помітного на око зниження максимальної яскравості лампи.

Струму виходу МК виявляється досить для перезарядки ємності затвора завдяки невисокій частоті перемикання (100 Гц). Це приблизно на два порядки менше частоти, на якій працюють MOSFET транзистори в традиційних переключательних схемах, наприклад в імпульсних джерелах живлення.

Відсутність драйвера може призвести до мимовільного включення транзистора в разі різкого сплеску напруги на стоці. Цей ефект викликаний наявністю ємності між затвором і стоком (ємність Міллера). Іноді повернути транзистор в нормальний режим роботи вдається лише після відключення схеми від мережі на кілька хвилин для охолодження транзистора. Одним з кращих способів запобігти випадковому включенню є вибір транзистора, у якого співвідношення Q_{gd} / Q_{gs1} становить величину менше 1,4. Тут Q_{gd} – це величина заряду затвор-стік, Q_{gs1} – це величина заряду, при якому напруга на затворі досягає порогового значення. На жаль, транзистори, відповідні даному правилу, зустрічаються рідко. З іншого боку, випадки різких сплесків напруги на стоці теж рідкісні.

При різкому спаді напруги на стоці і відсутності драйвера ємність Міллера не приводить до мимовільного включення транзистора, але на затворі може виникнути негативний потенціал, що перевищує допустиму напругу затвор-витік. Це може стати причиною виходу транзистора з ладу. Тому одним з критеріїв при виборі транзистора стало наявність вбудованого обмежувача напруги на затворі. Таке рішення дозволило відмовитися від додаткових зовнішніх компонентів. Крім цього, вбудований обмежувач охороняє затвор від впливу статичної електрики, до якого MOSFET транзистори як клас приладів мають високу чутливість. При напрузі обмеження вбудованого в транзистор обмежувача близько 30 В і опорі резистора в ланцюзі затвора 10 кОм струм через вихід МК складе приблизно 3 мА, що в три рази перевищує допустимий. Тому для підвищення надійності схеми між затвором і витком транзистора можна поставити додатковий обмежувач з максимальною напругою обмеження до 10 В. При такій напрузі струм через внутрішні захисні

діоди МК буде перебувати на безпечному рівні 1 мА. Для підвищення надійності можна поставити високоомний резистор, близько 100 кОм, між затвором і витокм транзистора, це попередить включення транзистора, коли виходи МК знаходяться в високоімпедансному стані, при спрацьовуванні супервізора живлення або сторожового таймера.

Для того щоб підібрати транзистор для використання в цьому пристрої, він повинен мати наступні характеристики:

- струм стоку – не менше 6 А, типовий опір каналу – не більше 1 Ом;
- напруга стік-витік – не менше 600 В;
- двосторонній обмежувач напруги на затворі – розміщений;
- максимальне граничне напруга затвор-витік – менше 5 В;
- графік залежності струму стоку від напруги на затворі – нормований для напруги затвора 5 В або менше.

Крім цього, відповідно до вимоги до проекту транзистор не повинен сильно нагріватися, в ідеалі – не нагрівається взагалі. Величина нагріву T_{ja} характеризується формулою:

$$T_{ja} = P \times R_{th} = R \times I^2 \times R_{th} + 25^{\circ}\text{C}, \quad (2.20)$$

де

R – опір каналу стік-витік;

I – струм навантаження;

R_{th} – тепловий опір транзистора.

Так як частота перемикання транзистора не перевищує 100 Гц, його динамічні втрати малі, на нагрів не впливають, і тому у формулі не враховуються. З формули випливає, що транзистор повинен мати якомога менше значення теплового опору. Обраний транзистор має корпус практично ідентичний корпусу TO220, і володіє відносно невисоким тепловим опором $62,5^{\circ}\text{C}$. Транзистор повинен бути розрахований на напругу стік-витік не менше 600 В. Крім цього, в разі обриву захисного діода транзистор НЕ вийде з ладу при аварійному підвищенні напруги мережі аж до $380 \text{ В} \pm 10\%$. За результатами вивчення продукції різних основних виробників MOSFET транзисторів: Infineon, International Rectifier, Ixys, Fairchild, NEC, NXP, ON

Semiconductors, Renesas, Toshiba, Vishay з'ясувалося, що вбудований обмежувач напруги на затворі є у транзисторів фірми Toshiba. Слід зазначити, що рекомендація заснована тільки на вивченні описів транзисторів. Зокрема, може знадобитися підбір резисторів в ланцюзі затвора. Опір резисторів R5 і R6 впливає на наступні фактори:

- захист виходу МК від збільшення струму при перезарядці вхідної ємності транзистора;
- захист виходу МК від перевищення напруги на затворі, яке виникає через ємності Міллера;
- ступінь нагріву транзисторів;
- рівень перешкод радіо та ІК-прийому, а також в електромережі;
- силу дзвону ниток ламп розжарювання.

Вплив опору на струм споживання, а також на падіння напруги на переході, втік-витік транзистора до уваги береться.

Аналізуючи перераховані фактори, приходимо до очевидного висновку, що, в цілому, чим більше опір, тим краще. Однак занадто сильно його збільшувати теж не можна – це призведе до нагрівання транзистора.

Запобіжник F1 і захисний діод VD1 формують ланцюг захисту, яка запобігає руйнуванню пристрій від виходу з ладу при короткому замиканні навантаження, перевищення її потужності, а також при кидках напруги в мережі, і аварійного підвищення її напруги до 380 В.

Струм споживання схеми при цьому не враховується, тому що в порівнянні він дуже малий. Цілком припустимо вибрати запобіжник на 0,5 А.

Щоб захистити чутливі напівпровідникові прилади, використовується швидкодіючий запобіжник. Для вітчизняного запобіжника серії ВП2Б-1В час спрацьовування при перевищенні номінального струму в 2,75 рази дорівнює 1 секунді. Запобіжники з уповільненим часом спрацьовування при виході з ладу видають різкий і гучний звук, залишаючи на платі чорну пляму. Вибір зроблено на користь керамічного корпусу, тому що скляний корпус при спрацьовуванні іноді розсипається. Принципова схема показана на рисунку 2.5.

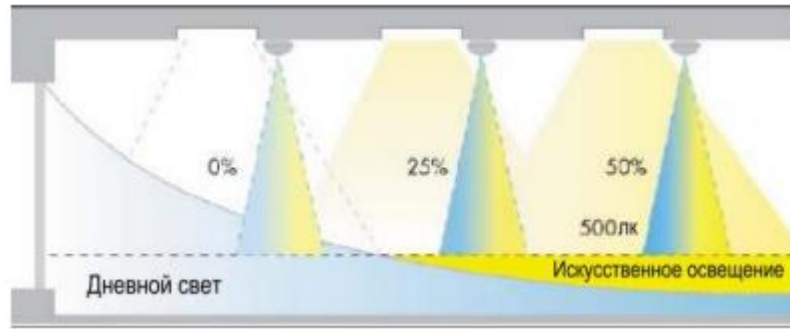


Рисунок 2.6- Застосування на кожен ряд світильників свого датчика

Такий варіант дозволяє підтримувати необхідний рівень освітленості незалежно від старіння і забруднення світильників, а також забруднення вікон. Він дорогий, але підходить для великих приміщень.

2) Установка сліdkуючого фотоелемента (зовні приміщення або всередині приміщення з орієнтацією датчика на віконний проріз). Такий датчик діє на всі групи світильників одночасно. Датчик спрямований на віконні прорізи і відстежує надходить через них природне світло з урахуванням КПО (рисунок 2.7.) Така орієнтація датчика тягне за собою з одного боку, здешевлення системи управління, з іншого, старіння і забруднення світильників і віконних прорізів може привести до помилок управління. Також потрібно як мінімум відстеження стану жалюзі. Даний спосіб використовується для малої кількості рядів світильників при висоті стель не вище 3 метрів.

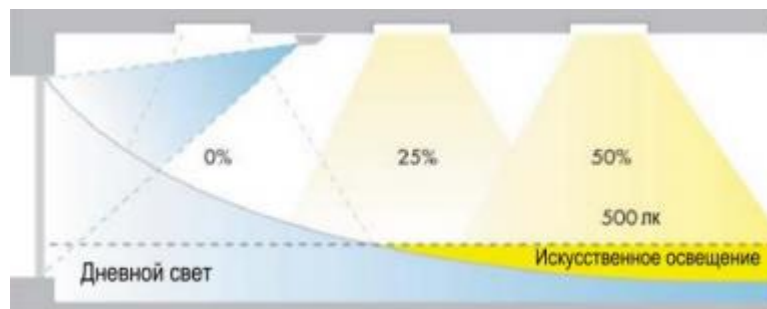


Рисунок 2.7- Установка сліdkуючого елемента

3) Використання одного датчика на приміщення.

Даний спосіб відрізняється від попереднього тим, що ми в більшій мірі відстежуємо не надходило світло, а рівень освітленості в деякій точці, яка складається з суми природної складової і штучної (Рисунок 2.8). Для такого

способу важливо відстежувати зміни світлового потоку від світильників через їх старіння. Використовувати його можна для невеликих приміщень. Варіант неточний, але відносно дешевий.

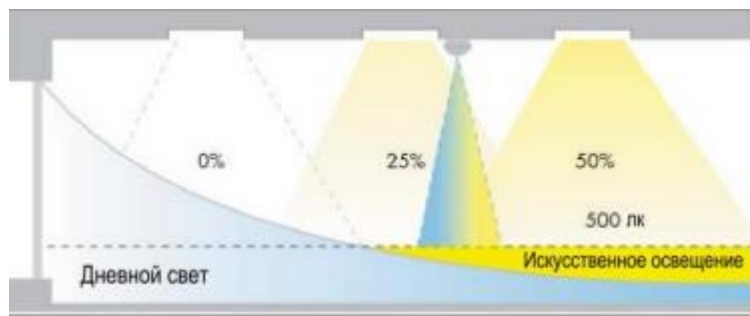


Рисунок 2.8- Використання одного датчика на приміщення

Найпростішим і найменш досконалим є ручне управління. Воно реалізується вимикачами і регуляторами інтенсивності освітлення, які приводяться до дії самими користувачами освітлювальної установки. Можна сформулювати деякі положення, спрямовані на підвищення його ефективності, які витікають із поведінки людей – користувачів освітлювальних установок. Ефективність ручного управління може підвищити раціональна конструкція освітлювальних установок. Місцеві вимикачі і регулятори повинні кидатися у вічі, розміщуватись у типових та зручних місцях. Бажано встановити давачі присутності, які діють паралельно із загальним вимикачем, встановленим при виході.

Оптимальне використання освітлювальних приладів, з урахуванням рівня природного освітлення дозволяє забезпечити максимальну економію електричної енергії. Крім того, система забезпечує оптимальні умови для комфортного проживання людей, так як в систему входить ультразвуковий датчик. Центральний контролер отримує інформацію про роботу всіх приладів і систем в будинку за допомогою спеціальних датчиків. Датчики системи освітлення передають інформацію про рівень природного освітлення в конкретний момент часу. Контролер визначає, чи є цей рівень достатнім. Якщо немає, то автоматично включається певну кількість освітлювальних приладів. При цьому, система визначає, чи є люди в конкретних приміщеннях. І включає додаткове освітлення тільки в разі їх присутності.

Будинок, який сам управляє своїм освітленням: по заданому господарем сценарієм включаються і вимикаються лампочки, у визначений час запалюється вечірнє освітлення, вночі будинок сам вимикає світло у всіх кімнатах. Коли починається ранок над узголів'ям ліжка, на якому солодко сплять господарі, поступово включається підсвічування, повідомляючи їм про настання нового дня. Господарі прокидаються і йдуть у ванну. І тут не треба намацувати на стіні вимикач світла, тому що пристуній датчик руху. Він визначить присутність господарів, і світло запалиться сам, залежно від погоди. В подальшому даний пристрій можна поставити у ванній кімнаті, а коли господарі покинуть ванну, світло самотійно згасне.

Єдина панель управління світлом замінює всі вимикачі світла в будинку. Вона також забезпечує доступ до висвітлення у всіх приміщеннях будинку (гараж, коридор, комора тощо), перебуваючи в одній кімнаті можна керувати світлом у всіх інших приміщеннях будинку і в кожному з них окремо. Велику роль відіграє і диммер (світлорегулятор). З його допомогою можна управляти яскравістю кожної лампочки: поступове запалювання або потухання, поєднання декількох світлових фонів – можна підсвітити один кут кімнати, а інший заховати в напівтемряві, зробивши інтер'єр кімнати набагато цікавіше. Додатковий комфорт дає функція «Прив'язка вимикачів», коли кожен вимикач буде відповідати за той освітлювальний прилад (люстра, бра, система підсвічування і т.д.), який ви йому самі призначите.

Коли в «розумному» будинку настає ніч, освітлення переходить в сплячий режим. Скрізь гасне світло. За бажанням господарів м'яка приглушена підсвічування в кімнатах буде включатися тільки тоді, коли хтось з родини прокинеться і захоче пройти на кухню чи в іншу кімнату.

Система освітлення істотно скорочує витрати на електроенергію, відключаючи непотрібне навантаження або переводячи в режим низького споживання енергії. Працюють тільки ті світлові прилади, які необхідні в даний момент. Решта відключені, їх включення і відключення розумно контролюється. Таким чином можна буде постійно економити кошти і насолоджуватися комфортним життям у своєму будинку.

Для економії великий ефект дає використання енергозберігаючих ламп. Однак навіть сама «економна» лампа, якщо вона горить в порожньому приміщенні, стане безглуздим джерелом енерговитрат. Найкраще енергозбереження забезпечують автоматичні вимикачі світла з використанням інфрачервоних та електронних датчиків. Електронні датчики вимірюють рівень освітленості приміщення і, при досягненні заданого 20 значення, видають команду на включення або виключення освітлення (датчики освітленості), або безпосередньо «бачать», що до приміщення увійшов чоловік, і вмикають світло (датчики руху). Світлочутливий елемент блокує ввімкнення освітлення при достатньому природному освітленні. Оскільки на відміну від реле-датчиків часу датчики руху вмикають світло тільки на час фактичного присутності людини в приміщенні, а витрати електроенергії на освітлення можуть бути знижені в кілька разів.

Ви можете одним рухом руки міняти світлову гаму в приміщенні. Датчики руху забезпечують автоматичне перемикання світла, коли ви до них наближаєтеся. Для забезпечення комфорту і затишку у Вашому будинку кожна кімната, хол, зал повинні бути добре освітлені. Без інтелектуальної системи для цього буде потрібно установка великої кількості різних світлових приладів із заплутаною мережею вимикачів. Система позбавить Вас від необхідності встановлювати безліч вимикачів, Вам представиться можливість замінити їх компактними сенсорними. Так з одного стандартного шести сенсорного вимикача можна управляти дванадцятьма світловими групами. Ви зможете, як плавно регулювати їх яскравість, так просто включити їх або вимкнути.

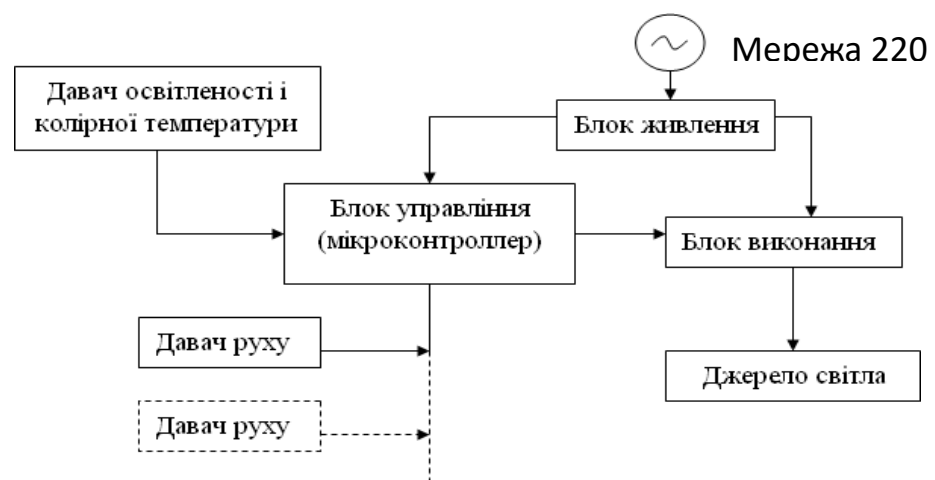
На сьогодні практично неможливо повністю відтворити параметри природного освітлення, використовуючи наявні джерела світла. Пов'язано це з труднощами створення джерел світла зі спектром, аналогічним спектру природного світла. RGB-світлодіоди мають спектр, найбільш відповідний до чутливості людського ока, і дозволяють регулювати колірну температуру.

Принцип роботи системи такий (рис.2.9). Присутність людини в приміщенні з установленою системою реєструє давач руху, і дані про це відправляють на блок управління. Під час отримання цих даних

мікроконтролер проводить зчитування інформації з давача освітленості про рівень інтенсивності спектрів випромінювання червоного, зеленого та синього складників окремо та про сумарну величину рівня природної освітленості. Отримане значення порівнюють із заданим і за відсутності збігу пропорційно коригують величину інтенсивності кожного з кольорів. Це дозволяє за незмінної колірної температури, змінювати рівень освітленості.

Рисунок 2. 9. Принципова схема автоматичної системи керування освітленням

З мікроконтролера інформацію про інтенсивність свічення кожного



кольору подають на блок виконання, який формує імпульси керування кристалами світлодіоду.

Зміна колірної температури джерела світла стала технічно можливою тільки нещодавно, в завдяки розробці й упровадженню RGB-світлодіодів. Їхньою особливістю є розміщення трьох світловипромінювальних кристалів в одному корпусі з оптичною системою. Це дало можливість, змінюючи значення струму незалежно для кожного з кристалів, отримати всі можливі відтінки кольорів, що розрізняє людина. Для відтворення необхідної колірної температури достатньо мати числове значення двох координат на площині діаграми колірності (рис.2.10). При цьому горизонтальна вісь діаграми характеризує насиченість того чи іншого кольору, а вертикальна – його тон.

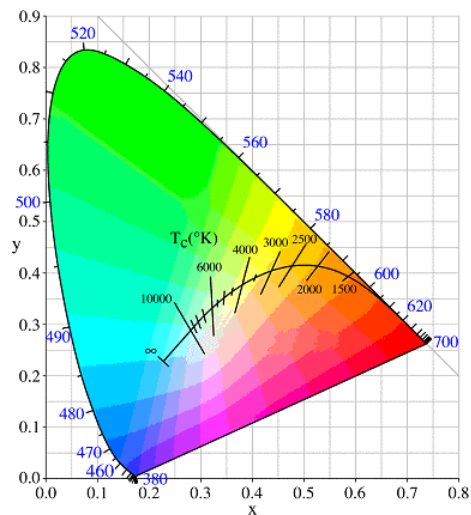


Рисунок.2.10.- Діаграма колірності в системі x, y

Зважаючи на значно вищу (порівняно з іншими джерелами світла) вартість світлодіодів, додатково був розроблений блок виконання для роботи з лампою розжарення (рис.2.11). Програмна реалізація плавного увімкнення дозволяє значно збільшити термін служби лампи, що частково компенсує її незадовільні характеристики. Проте з використанням лампи розжарення втрачається основна перевага системи – регулювання колірної температури.

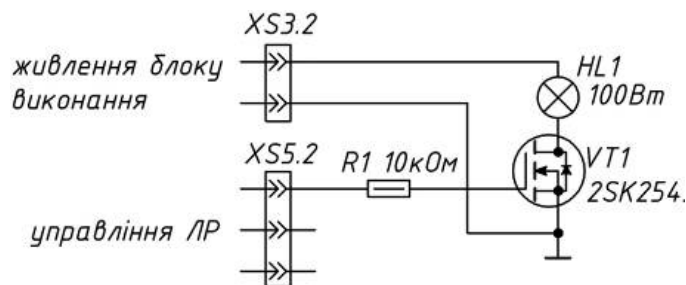


Рисунок 2.11 - Принципова схема блока виконання з використанням лампи розжарення

Принцип роботи такий (рис. 2.12). RGB-фільтри розкладають світло, що падає, на червоний, зелений і синій складники. Фотодіод, розміщений під відповідним фільтром, перетворює яскравість у струм, після чого операційні підсилювачі зі струмовим входом перетворюють зміну струму в зміну частоти. Основними перевагами цієї мікросхеми є лінійна залежність частоти від освітленості (приблизно 1кГц на 1лк) і спектральна чутливість, наближена до чутливості людського ока.

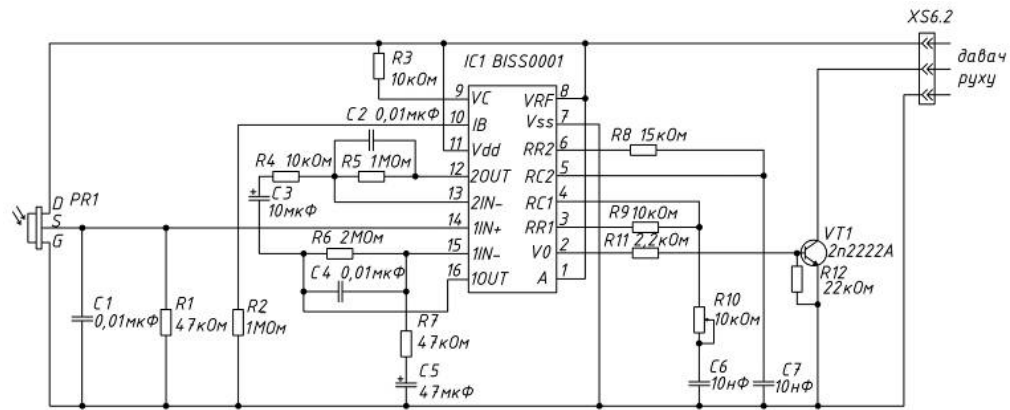


Рисунок 2. 12. Принципова схема вмикання давача руху

У якості детектора руху використовують пасивний інфрачервоний датчик він складається з трьох елементів:

- оптичної системи, що формує діаграму направленості давача й визначає форму і вид просторової зони чутливості. У цій системі використовують лінзу Френеля;
- піроелектричного сенсора, що реєструє теплове випромінювання людини;
- блока обробки сигналів сенсора, що генерує сигнали, зумовлені рухом людини, на тлі перешкод природного та штучного походження. Його схема наведена на рис.2.12.

Сигнал від руху людини виникає на виході піроелемента в разі перетину людиною променя зони чутливості. Чутливість і вибірковість дії сенсора формують за допомогою лінз Френеля з різними діаграмами направленості.

Основними перевагами запропонованої системи керування освітленням є:

- зміна колірної температури світла протягом доби, відповідно до змін природного освітлення;
- точне підтримання заданого рівня освітленості;
- урахування присутності людей;
- наявність плавного вмикання джерела світла (за винятком світлодіодів);
- невеликі габарити та маса;

- модульна конструкція;
- низьке енергоспоживання.

2.2.2 Розробка програмного забезпечення.

В даному розділі розглянуті ключові моменти програмної частини проекту. Додаткова інформація стосовно кожного рядка програмного коду знаходиться в коментарях. Лістинг програм наведений в додатку А. Алгоритм роботи другої частини аналогічний першій, тому коментарі наводяться тільки для першої частини. Програма оптимізована по швидкодії, чим менше часу потрібно буде для виконання коду, тим більше

максимальної яркості можна досягнути. Особливе значення має час виконання процедури ADCSampling. Від цього залежить якість стабілізації, наскільки швидше пристрій може реагувати на скачки напруги. В даний момент процедура ADCSampling виконується за 21мкс.

Програмний код, який знаходиться в блоці Main.asm, виконується в безкінечному циклі. Тим самим вдається повисити швидкодію за рахунок відказу від команди RETI і команди роботи зі стеком. Тим самим в цілях діагностики несправностей. Також в цілях діагностики запинається причина, яка викликала зброс МК. Комірка діагностики, так як зазначалось знаходиться в кінці області. Якщо значення хоча б однієї відмінні від нуля, то це вказує про наявність несправностей.

Сторожевий таймер налаштований на максимальний період спрацювання 2 секунди. Чим більший інтервал, тим швидше можна побачити спрацювання таймеру. Особливо це допомагає нам на етапі відкладки. Живлення запрограмовано на мінімальний поріг 2.7В. За рахунок цього забезпечується надійний запуск мікроконтролера з урахуванням великої ємкості конденсатор, встановлено в фільтрі живлення. Супервізор гарантує стабільний запуск незалежно від того, на який час пропадає напруга в мережі.

Енергозберігаючий режим не використовується. Це зв'язано з тим, що протягом 9,5 мс кожного півперіоду ведеться непереривне вимірювання мережевої напруги, а в залишених 0,5 мс виконується основна програма. Переводити МК в сплячий режим на такий короткий час не має смислу. До того

ж, повернення МК з будь якого сплячого режиму потребує додаткових затрат часу, що впливає на швидкодію.

Вимкнення АЦП на час виконання основної програми також немає ніякого сенсу. Встановлено, що споживаний МК струм зменшується при всьому лиш на 10мкА. Виходи МК відключаються одночасно. Це необхідно для того, щоб обидва каналів малу рівні години затримки і працювали однаково. З цією метою в програму введений спеціальний буферний регістр `rOutChannels`. Змінені стани виходів здійснюється тільки командою `OUT pMainOut, rOutChannels`. Після старту МК буферний регістр має копію стану порту `pMainOut`, більшість виводів яких, по аналогії з іншими не використовує виводи.

Таймери не використовуються, вони створюють перешкоди при роботі АЦП. Но оскільки режими енергозбереження по причині, указаному раніше. Після закінчення ініціалізації всіх регістрів і комірок ОЗП надається нульове значення (блок `SRAMInit.asm`). В результаті, не потрібно пам'ятати, що всі змінні були призначені, і не приймали випадкових значень. Як висновок, набагато полегшує пошук.

Після призначення регістрів і ОЗП, продовження програми зупиняється на декілька секунд. За цей час напруга живлення МК і напруга АЦП встигають досягнути номінального значення. Для підвищення швидкодії задіяні комірки EEPROM копіюється перед початком роботи або в регістри, або в ОЗП(блок `Startup.asm`). В більшості випадків для цієї цілі використовується спеціальний макрос `EEPROMtoSRAM`, який знаходиться в файлі `Macros.asm`(на блок-схемі алгоритма не показані).

При такому підході є можливість перевірки зчитаних з EEPROM даних. Якщо введений користувачем параметр налаштування є недоступним, він перетворюється до найближчого допустимого значення (меншому або більшому). Код програми розташований в додатку А.

Проектування та реалізація алгоритмів роботи системи.

Код програми написаний на мові асемблера, містить понад 1500 рядків, займає в пам'яті програм МК більше 3 КБ. Задіяні всі 32 регістри, 51 байт

оперативної пам'яті (SRAM, ОЗУ), 45 байт незалежній пам'яті EEPROM. На перший погляд, можливості МК ATmega16, що має 16 КБ програмної пам'яті, 1 КБ SRAM, 512 байт EEPROM, і багатий набір периферійних пристроїв, здаються надмірними. Насправді, вибір МК "з запасом" зроблений навмисне, щоб мати можливість удосконалювати пристрій і нарощувати його функціональні можливості.

При необхідності код може бути перенесений на інші МК сімейства ATmega.

Програма починає свою роботу з того що вона виконує ідентифікацію типу мікроконтролер, після того як встановлено тип мікроконтролера виконується прописування (РЗП), після того як усі регістри успішно записані в пам'ять мікроконтролера, виконується пошук місця розміщення результатів. Після того як виконані основні кроки ініціалізації пз, виконується початок роботи програми. Підпрограмування переривань служить для очистки всіх регістрів мікроконтролера. Після цього виконується встановлення часу затримки для початку роботи мікроконтролера. Якщо час затримки більший за встановлений програмно, то пристрій починає свою роботу, а якщо ні то повертається до початку циклу. Після успішного проходження часу затримки мікроконтролеру подається сигнал про те що господар присутній. Після того як МК отримав сигнал про присутність господаря пристрій очікує натискання кнопки на ДПК, після того як користувачем натискається певна кнопка на ДПК мікроконтролер отримує відповідний сигнал на переривання. Після цього система виконує опитування таймера, зберігає значення регістрів в пам'яті мікроконтролера. Після того як система зберігла значення регістрів вона шукає потрібне значення і бере його за основу. Виконує табличний перехід. Після цього відбувається скидання прапорів, так як система перебрала всі значення і вибрала необхідне для подальшої роботи пристрою. Після початку роботи семістора виконується затування лампи. Після того як семістор виконав свою роботу відбувається відновлення регістрів МК. Тоді як було відновлено всі регістри мікроконтролер отримує сигнал про успішне

виконання програми. На цьому робота пристрою завершується. Даний алгоритм представлений на рисунку 2.13.

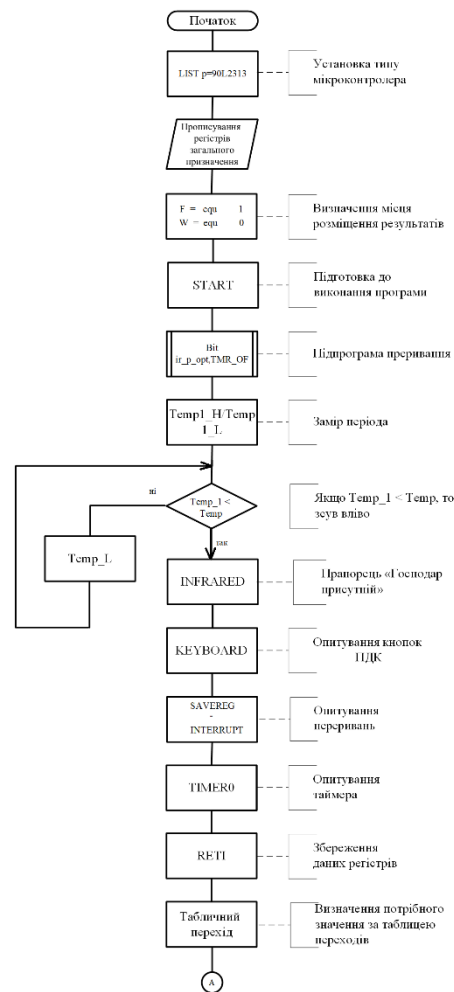


Рисунок 2.13 - Початок алгоритма роботи програми

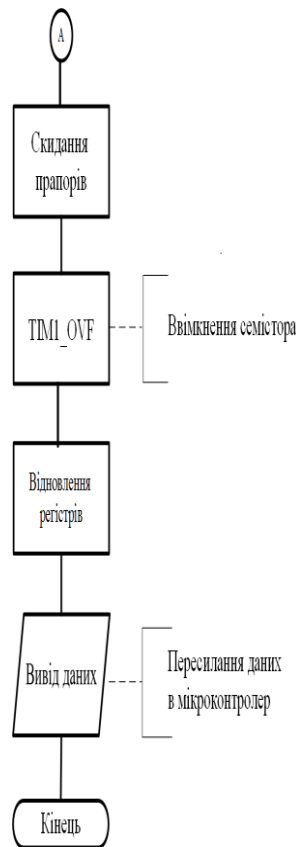


Рисунок 2.13- Кінець алгоритма роботи програми

2.3 Розрахунок ультразвукового датчика

Існує два основних напрямки по управлінню освітленням усередині приміщення:

- 1) управління на підставі ідентифікації рухів (датчики руху, датчики присутності);
- 2) управління на підставі відстеження рівня освітленості.

Датчики першої групи дуже часто використовуються для управління освітленням. Економія від їх застосування очевидна. Людина забув вимкнути світло, що тягне за собою збільшення спожитої електроенергії за день. І, якщо це відбувається постійно, людина переплачує значну суму за освітлення, яке йому було не потрібно. І ДД і ДП сприяють тому, щоб уникнути цього. Однак, не дивлячись на всю простоту розуміння, в чому конкретно полягає економія, значно складніше цю економію розрахувати. Різниця в споживанні при використанні датчиків і без них залежить в першу чергу від слабо прогнозованих людських чинників: в першу чергу від культури людей економити електроенергію.

Для запобігання випадкового реагування датчика перешкод будемо використовувати ультразвуковий датчик. Для того, щоб обрати датчик, який мені підійде проведемо розрахунок.

Для простого сигналу відоме співвідношення

$$\delta_R \geq \frac{c\tau_u}{2}, \quad (2.21)$$

де δ_R – роздільна здатність за дальністю, м;

c – швидкість ультразвуку в повітрі, м/с;

τ_u – тривалість зондуючого імпульсу, с.

Тоді

$$\tau_u \leq \frac{2\delta_R}{c} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{340} = 5,9 \cdot 10^{-5} \text{ с.}$$

Період проходження імпульсів обчислюється за відношенням:

$$T_u \geq \frac{2 \cdot R}{c}, \text{ де} \quad (2.22)$$

T_u – період проходження імпульсів, с;

R – дальність дії локатора, м.

Тоді

$$T_u \geq \frac{2 \cdot 10^{-2}}{340} = 0,059 \text{ с.}$$

Огляд робочої зони проходить поступово. При відповідному випромінювачі ультразвук розповсюджується вузьким променем, що дозволяє приладу отримувати інформацію з необхідного напрямку. Пристрій обробки повинен обробляти інформацію таким чином, щоб сигнал на вході цього пристрою міг оцінювати дальність до цілі.

В якості варіанту обробки можна використовувати обробку за допомогою перетворення інформації про дальність. Проведемо системний розрахунок локатора. Зазвичай, в якості випромінювачів ультразвуку використовуються п'єзокерамічні пластини, діаметром 5см. Геометрична площа такої пластини обчислюється за формулою:

$$S = \pi r^2 \quad (2.23)$$

де:

r – радіус пластини, м;

S – площа пластини, м^2 .

Тоді

$$S = 3,14 \cdot \left(\frac{0,05}{2}\right)^2 = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Візьмемо коефіцієнт використання антени (ККД) рівним 70%. Тоді ефективна площа антени $S_{\text{еф}}$, обчислюється за формулою

$$S_{\text{еф}} = \text{ККД} \cdot S = 0,7 \cdot 1,96 \cdot 10^{-3} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Коефіцієнт підсилення антени:

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot S_{\text{еф}} \quad (2.24)$$

де:

λ – довжина хвилі зонduючого сигналу.

Потужність зонduючого сигналу і потужність відбитого сигналу пов'язані співвідношенням:

$$P_{\text{відб}} = \frac{P_{\text{зонд}} \cdot G^2 \cdot \sigma_n \cdot \lambda}{(4\pi)^3 \cdot R_{\text{втр}} \cdot R^4}, \quad (2.25)$$

де $P_{\text{відб}}$ – потужність відбитого сигналу, Вт;

$P_{\text{зонд}}$ – потужність зонduючого сигналу, Вт;

G – коефіцієнт підсилення антени;

$\sigma_n = 1 \text{ м}^2$ – задана ефективна площа розсіювання, м^2 ;

λ – довжина хвилі зонduючого сигналу;

R – максимальна дальність дії локатора, м;

$R_{\text{втр}}$ – втрати в атмосфері.

$R_{\text{втр}}$ обчислюється за формулою:

$$R_{\text{втр}} = 2R\alpha \cdot e, \text{ де}$$

$$e = 2,73 (\text{const})$$

α – коефіцієнт затухання ультразвуку в повітрі

Відомо, що $\alpha \sim \frac{1}{\lambda^2}$. Відомо, що при $\lambda = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, коефіцієнт затухання $\alpha = 0,7 \text{ 1/м}$.

Можна знайти коефіцієнт пропорційності k :

$$k = \alpha \cdot \lambda^2 = 0,7 \cdot (4 \cdot 10^{-3})^2 = 1,12 \cdot 10^{-5} \text{ м}.$$

Якщо підставити в формулу для $P_{\text{відб}}$ всі співвідношення, наведені після неї

$$P_{\text{відб}} = P_{\text{зонд}} \cdot \frac{\sigma_{\text{п}} \cdot S_{\text{еф}}^2}{8\pi \cdot R^5 \cdot k \cdot e} \quad (2.26)$$

Тоді

$$P_{\text{відб}} = \frac{P_{\text{зонд}} \cdot \sigma_{\text{п}} \cdot S_{\text{еф}}^2}{7,65 \cdot 10^{-4} \cdot R^5}. \quad (2.27)$$

Знайдемо потужність відбитого сигналу при потужності зонduючого

$$P_{\text{зонд}} = 1,5 \text{ Вт}.$$

$$P_{\text{відб}} = \frac{1,5 \cdot 1 \cdot (1,4 \cdot 10^{-3})^2}{7,65 \cdot 10^{-4} \cdot 10^5} = 3,84 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}.$$

Розрахуємо вимоги для підсилення вхідного сигналу в приймачі, якщо чутливість п'єзоелектричної пластини, як мікрофона, рівний $E = 100 \text{ мкВ/Па}$ [15]

Інтенсивність звуку відбитого сигналу:

$$I_{\text{отр}} = \frac{P_{\text{відб}}}{S_{\text{еф}}} = \frac{3,84 \cdot 10^{-8}}{1,4 \cdot 10^{-3}} = 2,74 \cdot 10^{-5} \text{ Вт/м}^2$$

Гучність $L_{\text{відб}}$ відбитого сигналу:

$$L_{\text{відб}} = 10 \lg \left(\frac{I_{\text{відб}}}{I_0} \right) = 10 \lg \left(\frac{2,74 \cdot 10^{-5}}{10^{-12}} \right) = 74,4 \text{ дБ, де} \quad (2.28)$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2 \text{ – порогова інтенсивність звуку}$$

Звуковий тиск відбитого сигналу

$$p_{\text{відб}} = p_0 \cdot 10^{0,05 L_{\text{відб}}} = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{0,05 \cdot 74,4} = 0,105 \text{ Па}$$

Напруга на вході підсилювача:

$$U_{\text{вх min}} = p_{\text{відб}} \cdot E = 0,105 \cdot 10^{-4} = 10,5 \text{ мкВ}.$$

Для роботи детектора цю напругу потрібно посилити до $U_{\text{вих}} = 0,6\text{В}$.

Тоді коефіцієнт підсилення $K_{\text{підс}}$ дорівнює

$$K_{\text{підс}} = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{0,6}{1,05 \cdot 10^{-5}} = 57143 \text{ рази} \quad (2.29)$$

Тепер припустимо, що вся потужність, що випромінюється потрапляє на приймальну антену, що можливо при випромінюванні зондуєчого імпульсу в безпосередньому контакті від перешкоди, яка має велику ЕПР і хорошу відбивну здатність. В цьому випадку інтенсивність звуку

$$I_{\text{відб}} = \frac{1,5}{1,4 \cdot 10^{-3}} = 1,07 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2.$$

Гучність обчислюється за формулою:

$$L_{\text{відб}} = 10 \lg \left(\frac{1,07 \cdot 10^3}{10^{-12}} \right) = 150,3 \text{ дБ}.$$

Звуковий тиск обчислюється за формулою:

$$p_{\text{відб}} = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{0,05 \cdot 150,3} = 654,7 \text{ Па}.$$

Напруга на вході підсилювача обчислюється за формулою:

$$U_{\text{вх max}} = 654,7 \cdot 10^{-4} = 6,5 \cdot 10^{-2} \text{ В}.$$

В цьому випадку $K_{\text{підс min}} = \frac{0,6}{6,5 \cdot 10^{-2}} = 9,23 \text{ рази}.$

Динамічний діапазон підсилювача

$$M = 20 \lg \frac{U_{\text{вх max}}}{U_{\text{вх min}}} = 20 \lg \frac{0,065}{1,05 \cdot 10^{-5}} = 75,9 \text{ дБ}$$

Розглянемо простий сигнал. Як було показано раніше, довжина імпульсу для забезпечення потрібної роздільної здатності $\delta_R = 0,01 \text{ м}$ повинна бути рівна 59 мкс, що можна реалізувати технічно.

Спектральна щільність потужності шуму в реальних умовах на

ультразвукових частотах становить $N_0 = 4 \cdot 10^{-17} \text{ Вт/Гц}$

Звідси знайдемо відношення сигнал/шум на виході узгодженого з імпульсом фільтра:

$$q = \sqrt{\frac{2E}{N_0}} \quad (2.30)$$

де

E – енергія сигналу на вході узгодженого фільтру, Дж;

N_0 – спектральна плотність шуму, $\text{Вт}/\text{Гц}$.

E можна знайти за формулою:

$$E = P_{\text{відб}} \cdot \tau_u \quad (2.31)$$

де

$P_{\text{відб}}$ – потужність відбитого сигналу, Вт;

τ_u – тривалість зондуючого імпульсу, с.

Тоді

$$q = \sqrt{\frac{2,26 \cdot 10^{-12} \cdot 2}{4 \cdot 10^{-17}}} = 336,14.$$

В децибелах $q \approx 25\text{дБ}$, що є достатньо великою величиною, так як для розрізнення вистачає $\approx 7\text{дБ}$.

До «плюсів» застосування простого сигналу потрібно віднести найбільш просту схему приймачів і передавачів. До «мінусів» - низька захищеність при перешкодах, особливо, якщо присутні імпульсні перешкоди.

Несучу частоту зондуючого сигналу обираю із діапазону від 20 кГц до 100 кГц. Виходячи з того, що в передавачі буде застосований генератор, який генерує коливання з частотою 500 кГц, а також присутній дільник частоти, реалізований на лічильнику, який ділить частоту, яка генерується на 7, то несуча частота зондуючого імпульсу відповідно рівна

$$f = \frac{F}{7} = 5 \cdot 10^5 / 7 = 71,428 \text{ кГц}$$

Ширина діаграми напрямку може бути знайдена за формулою:

$$\sin \Delta\alpha_{0,5p} = \frac{0,61 \cdot c}{f \cdot r}, \text{ де}$$

$\Delta\alpha_{0,5p}$ – ширина діаграми напрямку, градус;

c – швидкість звуку в повітрі, $\text{м}/\text{с}$;

f – несуча частота зондуючого імпульсу, кГц;

r – радіус випромінювача, мм.

Тоді

$$\Delta\alpha_{0,5p} = \arcsin\left(\frac{0,61 \cdot c}{f \cdot r}\right)$$

$$\Delta\alpha_{0,5p} = \arcsin\left(\frac{0,61 \cdot 340}{71,428 \cdot 25}\right) \approx 6,6\%$$

Припустимо, що середній час огляду вздовж лінії, тобто час проходження рядку

$$T_{\text{ряд}} = 3\text{с}$$

Тоді швидкість переміщення променя

$$\Omega = \frac{\Delta\alpha}{T_{\text{ряд}}}, \text{ де} \quad (2.32)$$

$\Delta\alpha$ – секторний кут огляду

$$\Omega = \frac{120^\circ}{3} = 40^\circ\text{с}$$

Час опромінення цілі

$$t_{\text{опр}} = \frac{\Delta\alpha_{0,5p}}{\Omega} = \frac{6,67}{40} = 0,167\text{с.}$$

Число накопичуваних імпульсів

$$N_c = \frac{t_{\text{опр}}}{T_u} = \frac{0,167}{0,059} \approx 2,8, \text{ де}$$

Визначимо полосу пропускання приймача. Полоса пропускання приймача визначається з урахуванням частоти доплерівського зсуву.

Величина доплерівського зсуву:

$$F_d = \frac{2 \cdot v}{c} \cdot f, \text{ де} \quad (2.33)$$

f – несуча частота зонduючого імпульсу, Гц;

v – максимальна швидкість руху перешкоди, м/с;

c – швидкість звуку в повітрі.

Тоді

$$F_d = \frac{2 \cdot 20}{340} 71428 = 8403 \text{ Гц}$$

Так як можливо як віддалення, так і наближення цілі до локатора, то потрібна частотна полоса, яка рівна подвоєній величині F_d .

$$\text{Тоді } \Delta F = F_d \cdot 2 = 16806 \text{ Гц.}$$

Але спектр імпульса займає полосу частот

$$\Delta f = \frac{1}{T_u} = \frac{1}{5,9 \cdot 10^{-5}} \approx 16950 \text{ Гц.} \quad (2.34)$$

Тому полосу пропускання приймача обираємо

$$\Delta F = 16,95 \text{ кГц.}$$

Потужність шуму на вході приймача

$$P_{\text{ш}} = N_0 \cdot \Delta F, \text{ де}$$

ΔF – ширина полоси пропускання приймача, Гц;

N_0 – плотність шуму на вході приймача, $\frac{\text{Вт}}{\text{Гц}}$.

Тоді

$$P_{\text{ш}} = 4 \cdot 10^{-17} \cdot 16950 = 6,78 \cdot 10^{-13} \text{ Вт.}$$

Мінімальна потужність відбитого імпульсу:

$$P_{\text{відб min}} = 3,84 \cdot 10^{-8} \text{ Вт.}$$

Як видно, $P_{\text{відб min}} \gg P_{\text{ш}}$.

Передавач випромінює короткі імпульси з періодом повторення

$T_u = 0,059 \text{ с}$ і відносністю імпульса $\tau_u = 5,9 \cdot 10^{-5} \text{ с}$ при потужності в імпульсі 1,5 Вт.

Тоді середня потужність випромінюваного коливання обчислюється за формулою:

$$P_{\text{сер}} = P_u \cdot \frac{\tau_u}{T_u}, \text{ де} \quad (2.35)$$

P_u – потужність в імпульсі, Вт.

$$\text{Тоді } P_{\text{сер}} = 1,5 \cdot \frac{5,9 \cdot 10^{-5}}{5,9 \cdot 10^{-2}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Вт.}$$

Різниця в рівні отримуваних сигналів визначається відмінністю ефективних площ розсіювання цілей і дальностей до них.

Розглянемо структурну схему приймача, зображену на рисунку.

В схемі є узгоджений фільтр. Так як АЧХ фільтра повинна співпадати із спектром імпульсного сигналу, що реалізувати технічно важко, то на практиці використовують квазіузгоджені фільтри. Це фільтри, полосу пропускання яких вибирають, виходячи з того, щоб відношення сигнал/шум на виході було максимальним.

Для цього можуть використовуватись також типи фільтрів:

- прямокутний
- гауса
- багатокаскадний підсилювач з одиничними контурами та ін.

До порогового приладу підведено порогову напругу $U_{оп}$. Оптимальне значення порогу можна знайти за формулою

$$q_{n\ opt} = 2 + \frac{q}{2}. \quad (2.36)$$

Тоді $q_{n\ opt} = 2 + \frac{336,14}{2} = 170,07$.

Обчислимо похибки, які обумовлені вибраними сигналами і структурою приладу.

Похибка по дальності знаходиться за формулою

$$\delta_R = \frac{c}{2\sqrt{\pi}q\alpha_\epsilon\Delta F}, \text{ де} \quad (2.37)$$

α_ϵ – сумарні втрати в тракті прийому, рази;

q – відношення сигнал шум на виході узгодженого фільтру .

ΔF -смуга пропускання приймача, Гц.

Зазвичай сумарні втрати в тракті прирівнюють до 10

Тоді

$$\delta_R = \frac{340}{2\sqrt{3.14 \cdot 336.14 \cdot 10 \cdot 16950}} = 1.69 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

На основі проведених розрахунків і отриманих даних обераяу у же готовий модуль НС–SR04 який підходить мені роблячи висновки з розрахунку .

Висновок до розділу. В даному розділі розроблено структурну і функціональну схеми, розроблена схема модуля керування і розробка ультразвукового датчика. Розроблено програмне забезпечення приладу і на його основі побудований алгоритм роботи програми.

РОЗДІЛ 3.

ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ

3.1 Дослідження ультразвукового датчика

Велику роль відіграє використання ультразвукового датчика. Для вимірювання відстані до об'єктів використовується ультразвуковий датчик вимірювання відстані HC-SR04. Сенсор далекоміра працює за принципом сонара, а точніше - посилає ультразвуковий пучок і по затримці відбитого від об'єкта сигналу визначає відстань до цілі (рис.3.1). Оскільки в основі роботи пристрою використовується ультразвук, сонар погано підходить для визначення відстані до звукопоглинальних об'єктів. Поверхня об'єкта повинна бути рівною і гладкою для ідеального виміру відстані.

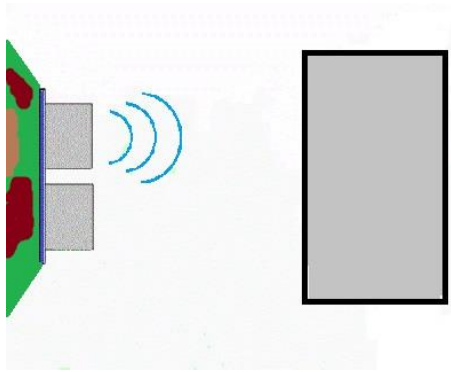


Рисунок 3.1 - Принцип роботи ультразвукового далекоміра HC-SR04
(Анімація: 6 кадрів, 6 циклів повторення, 140 кілобайт)

Особливості ультразвукового далекоміра HC-SR04:

- 1) простота у використанні і 4-х контактне підключення;
- 2) діапазон виміру: 2 до 400 см;
- 3) точність вимірювання: похибка 1 см (при максимальній дальності похибка 3 см);
- 4) кут вимірювання: 15 градусів (рис. 3.2.);
- 5) ультразвукової діапазон роботи на частоті 40 кГц;
- 6) робоча напруга 4,8 до 5,5 В (± 0.2 В макс.);
- 7) діапазон робочих температур: 0 до 60 градусів за Цельсієм (похибка 10%).

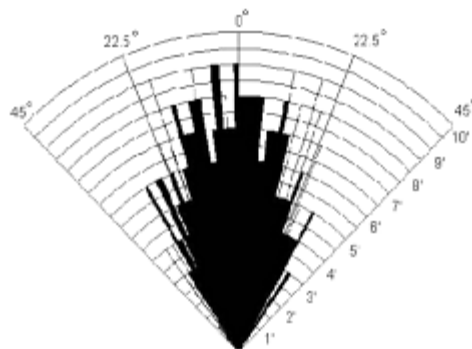


Рисунок 3.2 - Діаграма залежності кута вимірювання і достовірності
отриманих даних

Спочатку поміряли відстань до дерев'яної поверхні, відстань 22,5 см. Отримали 31212 вимірів за 27 хвилин 18 секунд. Зафіксована затримка звуку виходила від 1 199 нс до 1219 нс, середня затримка склала 1208,55 нс. Рисунок 3.3.

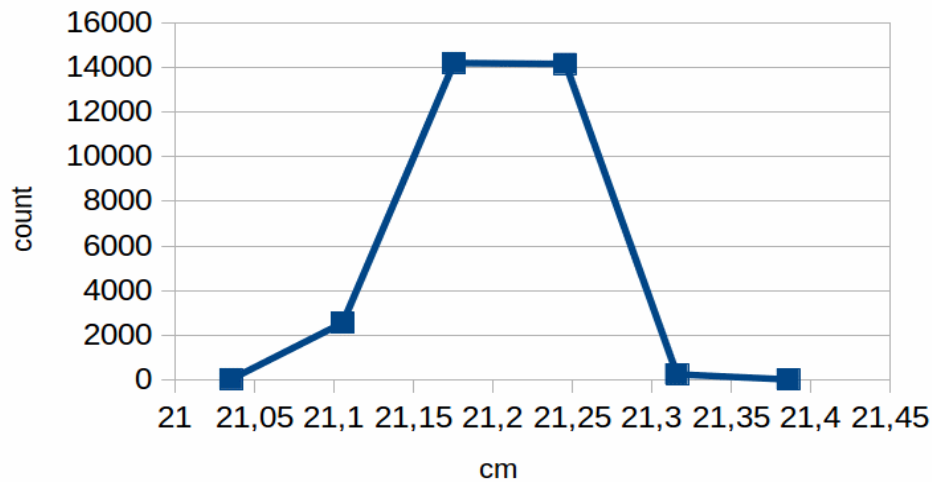


Рисунок 3.3 - Середньоквадратичне відхилення до дерев'яної поверхні. Потім виміряна відстань до дерев'яної поверхні відстань 46 см. Отримав 40323 вимірів за 36 хвилин 12 секунд. Зафіксована затримка звуку виходила від 2539 нс до 2587 нс, середня затримка склала 2552,40 нс. Середньоквадратичне відхилення $\pm 6,153$ нс. на рисунку 3.4.

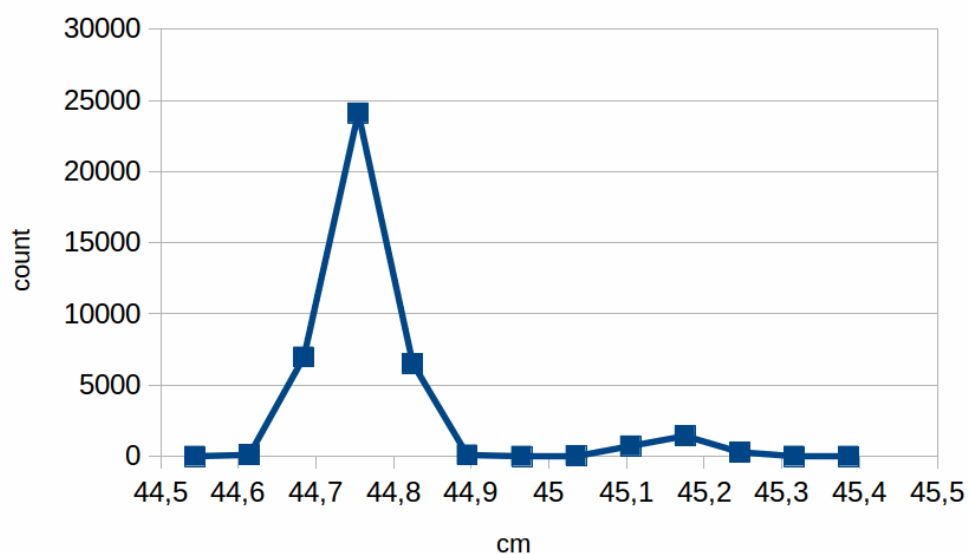


Рисунок 3.4 - Середньоквадратичне відхилення $\pm 6,153$ нс

Далі виміряна відстань до пластикових твердих поверхонь, відстань 118,7 см. Отримав 8453 вимірювань за 8 хвилин. Зафіксована затримка звуку виходила від 5779 нс до 6127 нс, середня затримка склала 5955,40 нс. Середньоквадратичне відхилення $\pm 51,691$ нс. Рисунок 3.5.

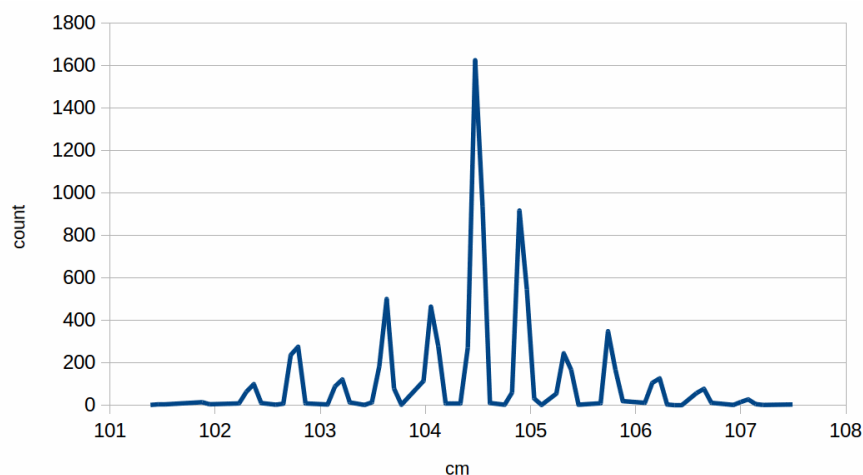


Рисунок 3.5- Середньоквадратичне відхилення до пластикової поверхні

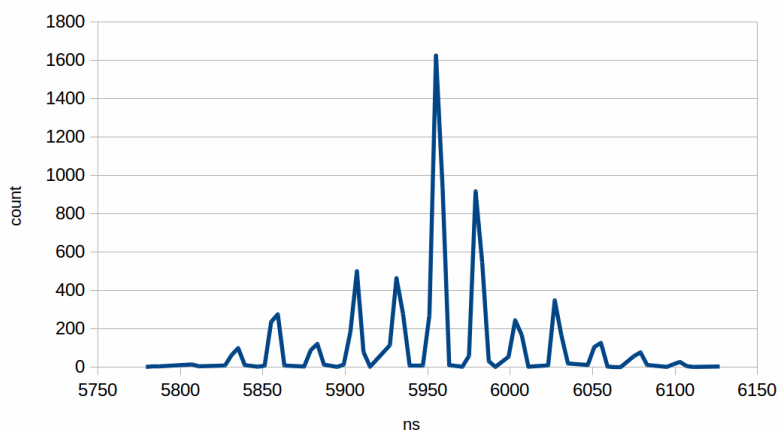


Рисунок 3.6- Середньоквадратичне відхилення до твердих поверхонь

Далі виміряна відстань до тканини, відстань 67 см. Отримав 47586 вимірів за 43 хвилини 57 секунд. Зафіксована затримка звуку виходила від 4011 нс до 4779 нс, середня затримка склала 4114,44 нс. Середньоквадратичне відхилення $\pm 60,009$ нс. рисунок 3.7 , на рисунку 3.8 розподіл часу (відстані до штори)

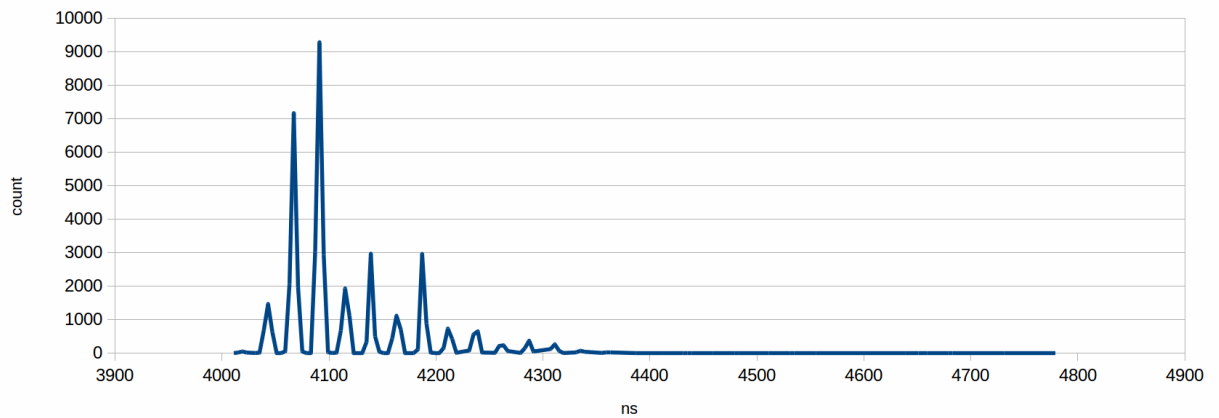


Рисунок 3.7 Середньоквадратичне відхилення до штори

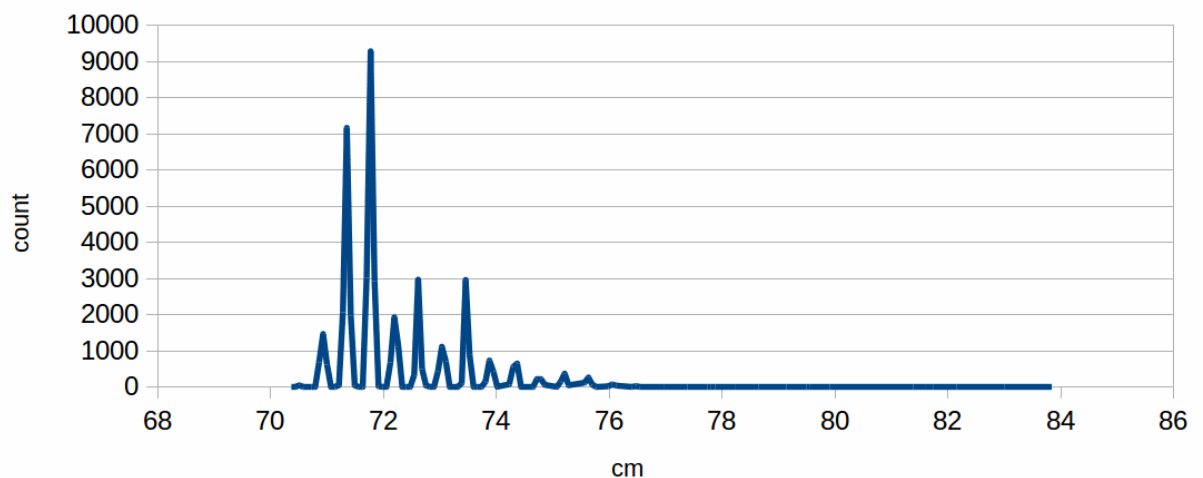


Рисунок 3.8 - Розподіл часу (відстані до штори)

Далі виміряна відстань до твердої поверхні відстань 291 см. Дані містять викиди, з цього представлю розрахунки без них, а в дужках вказані з урахуванням викидів. Отримав 2315 (оригінал 2320) вимірювань за ≈ 3 хвилини. Затримка звуку виходила від 16715 (оригінал 11107) нс до 16883 нс, середня затримка склала 16763,05 (оригінал 16750,94) нс. Середньоквадратичне відхилення $\pm 29,8355$ нс (оригінал 262,29 нс). Див. Рисунок 3.9 (викиди видалені),; Рисунок 3.10 з урахуванням всіх даних.

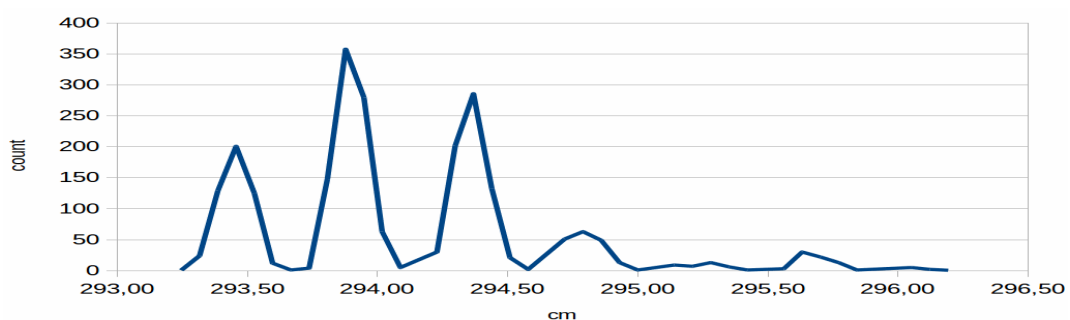


Рисунок 3.9.- Розподіл часу (відстані)

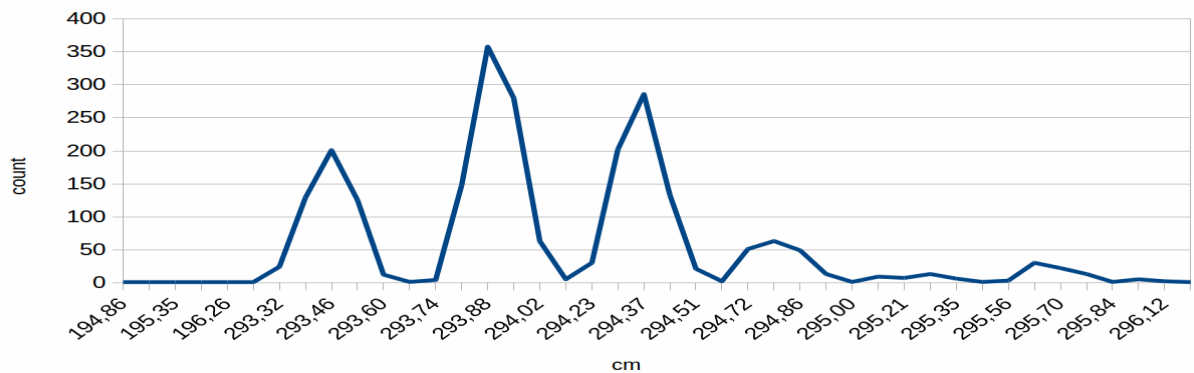


Рисунок 3.10.- Розподіл часу (відстані), всі дані.

Точність вимірювання залежить від відстані і форми поверхні (матеріалу), см. Зведену таблицю 6 середньоквадратичних відхилень.

Розподіл на правах були схожі на нормальний розподіл, проте інші експерименти показали, що це не завжди так. На жаль, властивість середніх величин сходиться до точного значення працює тільки при нормальному розподілом. Зі складними розподілами, і дискретними інтервалами часу (4 нс), простого середнього значення буде не достатньо для мікронною точності.

Згідно з правилом трьох сигм (3σ), кожне 370 вимір (в нормальному розподілі) буде відхилятися від середнього більше, ніж на 3 СКО (середньоквадратичне відхилення). Не дивлячись на не зовсім нормальний розподіл, в експерименті 3, правило 3-х сигм дотримується: тільки 9 з 8453 (0,1%) вимірювань перевищили 155 нс ($\pm 2,7$ см).

Тут вимірювання проводилися в нерухомому положенні, без шумів моторів, і можливих стрибків напруги. Однак реальні випробування на рухомий машинці показали, що великі («неймовірні») помилки трапляються, і не дуже рідко. Особливо з різними складеними (маленькими) перешкодами. Так само рух машини з закріпленим датчиком

додає нові проблеми, такі як правильне усереднення постійно мінливих даних, зазмер швидкості, шуми і мінливу навколишнє середовище. Для відсікання «викидів» раджу використовувати медіану, а не середнє арифметичне; обчислення медіанного відстані є в бібліотеці NewPing ::

ping_median (it), результат цієї функції - наносекунди, які можна буде перевести в сантиметри, або дюйми.

3.2 Дослідження інфрачервоного датчика

Інфрачервоний датчик руху - це електронний пристрій, здатний реагувати на зміну інтенсивності фонового теплового випромінювання в зоні його дії. Тепловим випромінюванням мають абсолютно будь-які об'єкти, а не тільки людина.

Якщо об'єкт достатнього розміру переміщається з достатньою швидкістю, перетинаючи робочу зону такого датчика, то відбувається спрацювання, і датчик подає сигнал на електронну схему управління для виконання тієї чи іншої дії тих чи інших пристроєм. Таким пристроєм може бути як вимикач або регулятор освітленості приміщення, так і охоронна сигналізація, або що-небудь ще.

Очевидно, що такий інфрачервоний датчик може бути застосований для різних цілей автоматизації, як в домашніх умовах, так і на виробничих і інших підприємствах і об'єктах. Принципово немає обмежень на області застосування інфрачервоних датчиків.

Види датчиків виявлення

Типу SMD. Піроелектричні інфрачервоні датчики, серії IRS, мають високу чутливість і надійність роботи стало можливим завдяки керамічній технології Murata і технології упаковки, розробленої протягом багатьох років.

Серії IRS-B складає приблизно 50% менше за обсягом і 10% тонше, ніж попередньої моделі поверхневого монтажу. У порівнянні з моделями загального вступного типу, це значно менше, з більш низьким профілем приблизно на 20% менше за обсягом і по товщині на 50% менше, ніж перший. Вигляд датчика зображений на рисунку 3.11.

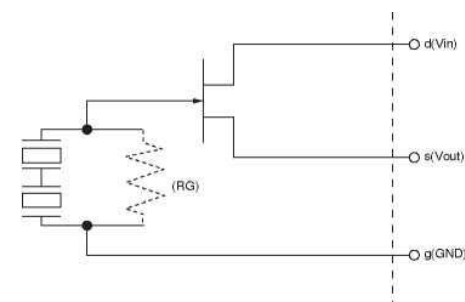


Рисунок. 3.11. Трьохвимірний вигляд датчика

Особливості:

1. Оплавлення поверхневого монтажу.
2. Найменший і ультра тонкий (4.7x4.7x2.4mm).
3. Висока чутливість.
4. Досягає чудових характеристик опору електромагнітного шуму.

3.3 Алгоритм оброблення даних нечіткої логіки

Значну частку в енергоспоживанні міст становить споживання

електричної енергії на потреби освітлення (до 40%), тому однією з основних задач електроенергетики є розробка енергоефективних систем внутрішнього освітлення виробничих приміщень. В даний час завдання енергозбереження в установках внутрішнього освітлення здійснюється застосуванням енергоефективних світильників, яка дозволяє добитися суттєвої економії, однак не вирішує проблему в цілому, так як система управління освітлювальними установками залишається як і раніше неефективною.

У зв'язку з цим доцільно розробляти системи управління, як зазначено авторами, з використанням методів штучного інтелекту. В контексті даної роботи пропонується здійснити управління потужністю освітлювальних установок на основі нечіткої логіки.

Методи нечіткого виведення використовуються для апроксимації функцій, розпізнавання і класифікації образів, моделювання та управління нелінійними об'єктами, прийняття рішень в умовах невизначеності.

Розроблений алгоритм, заснований на нечіткому логічному висновку, який дозволяє уникати надмірно великого обсягу обчислень. Основною перевагою алгоритму є те, що він працює за принципом «чорного ящика», для якого виділяють тільки вхідні і вихідні параметри, не виділяючи в явному вигляді математичні методи побудови «Чорного ящика», представляючи його у вигляді деякої апроксимації розглянутих процесів.

Метою даного дослідження є розробка системи автоматизованого управління внутрішнім освітленням виробничого приміщення на основі нечіткої логіки.

Алгоритм нечіткої логіки складається з наступних етапів:

- Фазифікації вхідних і вихідних змінних;
- Формалізація бази правил;
- Агрегирование підумови;
- Активація подзаключеній;
- Акумулявання висновків;
- Дефазифікація.

Розглянемо операційні дії кожного етапу для поставленого завдання дослідження.

1) В системі управління освітлювальними установками на етапі фазифікації відбувається встановлення відповідностей між значеннями вхідних змінної і значення функції приналежності відповідного їй стану лінгвістичної змінної. У блоці нечіткого виведення відбувається прийняття

2 рішення, відповідно до структурної схемою, на малюнок 1, на основі вхідних змінних «Освітлення» Е, і «Присутність»

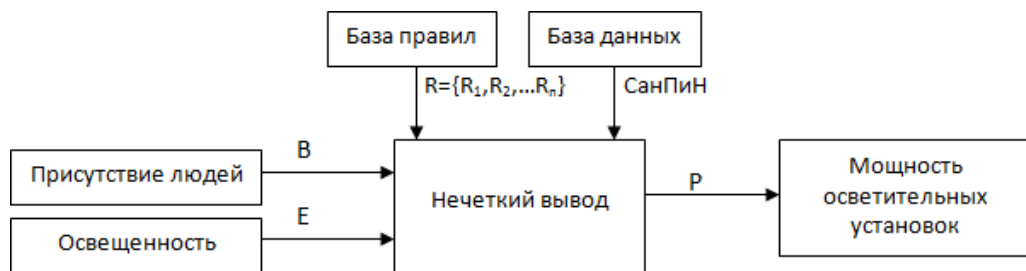


Рисунок 3.12 – Структурна схема АСУ систем освітлення

Відповідно до структурної схемою на рисунку 3.12 вводяться вхідні нечіткі множини А1 і А2, які визначаються наступним чином:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \{B, \mu_{A_1}(B); B \in X_1\} \\
 A_2 &= \{E, \mu_{A_2}(E); E \in X_2\}
 \end{aligned}$$

(3.1)

де В - вхідна змінна «Присутність»;

$\mu_{A_1}(B)$ - функція приналежності В до нечіткій множині А1;

X1 - безліч значень змінної «Присутність»;

E - вхідна змінна «Освітлення»;

$\mu_{A2}(E)$ - функція приналежності E до нечіткій множині A2;

X2 - безліч значень змінної «Освітлення».

Вихідною нечіткою множиною A3 є:

$$A_3 = \{P, \mu_{A_3}(P); P \in X_3\} \quad (3.2)$$

де P - вихідна змінна «Потужність»;

$\mu_{A3}(P)$ - функція приналежності P до нечіткій множині A3; X3 - безліч значень змінної «Потужність»;

Для всіх станів вхідних і вихідних змінних використовувати функцію приналежності на основі функції розподілу Гаусса, як найбільш використовуваної при описі нечітких множин.

Мінлива «Присутність» матиме такі стану і відповідні їм значення параметрів виразу для функцій приналежності на інтервалі від 0 до 1: «відсутні» (a = 0; b = 0,3);

«Присутні» (a = 1; b = 0,3);

Для вхідної змінної «Освітлення» на інтервалі від 0 до 300 люкс:

«Нульова» (a = 0; b = 10); «Дуже низька» (a = 40; b = 10); «Низька» (a = 40; b = 10);

«Середня» (a = 145; b = 15); «Вище середньої» (a = 210; b = 15); «Висока» (a = 300; b = 25);

Для вихідної змінної «Потужність» на інтервалі від 1 до 100%:

«Нульова» (a = 0; b = 5); «Дуже низька» (a = 15; b = 5); «Низька» (a = 35; b = 5); «Середня» (a = 55; b = 5); «Вище середньої» (a = 75; b = 5); «Висока» (a = 100; b = 5);

Відповідні даними термам функції приналежності для всіх змінних зображені на рисунку 3.13.

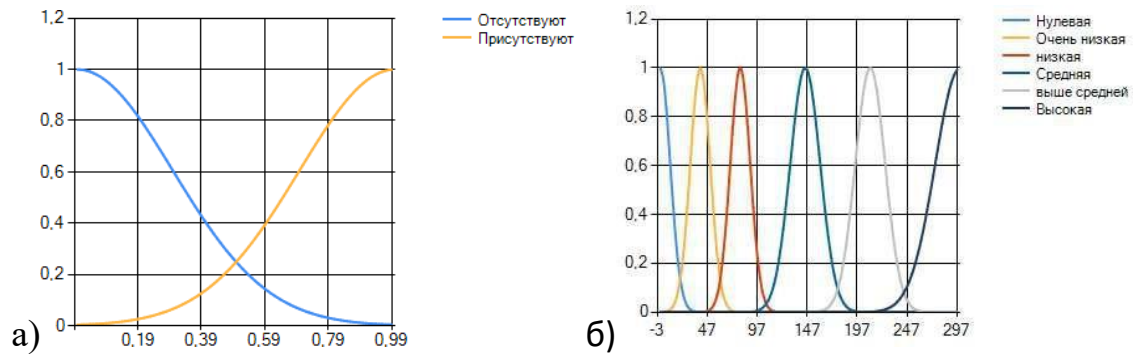


Рисунок 3.13 – Функція приналежності лінгвістичних змінних; а) – присутність; б) - освітленність

2) В відповідність з введеними станами, були розглянуті приклади можливих комбінацій вхідних змінних і визначено безліч лінгвістичних правил $R = \{R1, R2, \dots Rn\}$. Приклади розроблених правил:

R1 - Якщо «Присутність» «відсутні» і «Освітлення» «нульова», то «Потужність» «нульова»;

R2 - Якщо «Присутність» «присутні» і «Освітлення» «нульова», то «Потужність» «висока»;

R3 - Якщо «Присутність» «присутні» і «Освітлення» «висока», то «Потужність» «нульова».

3) Процедура визначення істинності умов по кожному з перерахованих правил системи нечіткого виведення.

Так як у всіх правилах використовується тільки операція «І», то агрегування проводиться за методом логічної кон'юнкції:

$$b_i = \min\{\mu(P), \mu(E)\}. \quad (3.3)$$

4) В якості методу виведення висновків (активації) використовується метод мінімального значення, що виконує активацію логічного висновку за формулою:

$$\mu_i(P) = \min\{c_i, \mu(P)\}, \quad (3.4)$$

де $\mu(P)$ – функція належності терма, що являється значенням вихідної змінної P.

c_i – елемент множини $C=\{c_i\}$, який показує, як алгебраїчне значення елементів b_i множини B і значення вагомих коефіцієнтів F для кожного із правил системи нечіткої логіки.

5) Акумуляція або процес знаходження функції приналежності для кожної з вихідних лінгвістичних змінних $P = \{P_i\}$, виконується за формулою:

$$\mu_i(P) = \max\{\mu_i(P)\}, \quad (3.5)$$

де $\mu(P)$ – функція прилеглих, отримана в результаті активації лінгвістичних правил.

6) дефазифікація або приведення до чіткості здійснює знаходження конкретного чисельного значення для вихідної змінної. Результатом виконання є кількісні значення вихідної змінної «Потужність» в процентах. Дефазифікація виконується за методом найбільшого модального значення:

$$P = \max\{P_m\}, \quad (3.6)$$

де P_m – модульне значення нечіткої множини для вихідної змінної P після акумуляції, яка знаходиться наступним чином:

$$P_m = \arg \max\{\mu(P)\}, \quad (3.7)$$

де $P=[0,100]$.

Перевагами розробленої АСУ на основі алгоритму є:

- керування освітленням здійснюється по двох вхідних змінних;
- система здійснює оперативний контроль освітленості виробничого приміщення відповідно до нормативними значеннями;
- визначає оптимальну потужність світильників, забезпечуючи ефективний режим споживання електричної енергії.

Висновок:

Були проведені ряд експериментів в стаціонарному положенні для виміру точності відстані до предметів. Дані здалися вельми обнадійливими. Згідно з наведеними вимірами датчик давав свідчення з точністю від 0,5 см до

ВИСНОВКИ

Під час виконання магістерської роботи було дослідженні адаптивні системи автоматичного освітлення в сферах нашого життя. Для цього було вирішено наступні завдання:

1. В процесі розробки було виконано розрахунок споживаної потужності, динамічних характеристик, надійності, а також електрично-принципову схему пристрою. Огляд наявних аналогів та виявлення протиріч між наявними можливостями та потребами показав, що головними функціями майбутньої системи має бути.

2. Було розглянуто алгоритми основних процесів системи та проаналізовано взаємодію класів системи під час процесів.

3. Було наведено детальний розгляд деяких аспектів реалізації.

4. Розроблено структурну схему пристрою автоматичного регулювання світла. Даний пристрій буде зручним у використанні в повсякденному житті кожної людини.

Основні функціональні можливості системи управління освітлення:

1. Прив'язка до будь яких вимикачів;
2. Включення за часом. Наприклад, через 15 секунд після спрацювання датчику руху;
3. Включення по датчику освітлення. Якщо в приміщенні вистачає денного світла, освітлення не включається;
4. Включення по датчику руху.
5. Світлові сценарії. Наприклад якщо руху не відбувається протягом 30 хвилин лампа згасає, як тільки знову відбувається рух, лампа вмикається;
6. Автоматичне відключення освітлення.

Запропоновано використовувати нечітку логіку. За рахунок використання датчик економимо електроенергію.

Застосування однокристальних мікроконтролерів дозволяє перенести основні витрати, пов'язані з розробкою вбудованих систем управління, з апаратною у програмну область. Це неминуче тягне за собою збільшення складності програмного забезпечення (ПЗ) мікроконтролерів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Котик С. М. Основи мікроконтролерів: від Arduino до Raspberry Pi. – Київ: Наукова думка, 2018. – 320 с.
2. Мельник О. В. Мікроконтролери: теорія та практика. – Київ: Вища школа, 2015. – 400 с.
3. Шевченко І. О. Системи на базі мікроконтролерів. – Харків: ХНУРЕ, 2016. – 300 с.
4. Данилюк О. М. Вступ до мікроконтролерів на базі ARM. – Одеса: ОНПУ, 2019. – 350 с.
5. Основи мікропроцесорної техніки [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://vozom.ho.ua/MP/page61.html>.
6. Проектування пристроїв на мікроконтролерах [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://rud.exdat.com/docs/index-673824.html?page=11>.
7. Поняття програмного забезпечення [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sites.google.com/site/programnezabezpecenna/ponattaprogramnogo-zabezpecenna>.
8. Сучасні мови програмування та їх використання Iteach [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://damp.biz/suchasni-moviprogramuvannya-ta-yih-vikoristannya-iteach/>.
9. Алгоритм [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ua5.org/osnprog/187-algoritm.html>.
10. Алгоритм [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC>.
12. Проектування пристроїв на мікроконтролерах [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://rud.exdat.com/docs/index-673824.html?page=11>.
13. Мережа Lora Wan [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://deps.ua/knowegable-base-ru/spravochneya-informatsiya/66633.html> 2

14. Система Lora Wan [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:<https://www.elko.ua/ru/novosti2/lorawan-elko-smart-center>.

Додатки
ДОДАТОК 1

```
#include "90L2313.h"
#include "delay.h"
#define red PORTD.4
#define green PORTD.5
#define number_of_impuls 63
#define udervanie 1563
#define ofa_min 0x80
#define ofa_max 0xE8
#define kn_plus PIND.0;
#define kn_minus PIND.6;
unsigned char s_reg; //сховище SREG
```

```

unsigned char ofa; //відсічка фази -> ofa_min <= ofa <= ofa_max
unsigned char mode; //режим роботи програми опрацювання ДК
bit infra, infra_old; //поточне, попереднє значення сигналу з пульту ДК
bit second_half_period; //для подвійного проходу по перериванню timer1.
bit ir_plus, ir_minus, ir_plus_old, ir_minus_old; //натискання на пульті ДК
"+", "-"

bit closed; //йде обробка отриманого сигналу ПДК
unsigned char num;
bit on_new, on_old, off_new, off_old; //біти стану кнопок
bit enable_count;
bit error; //визначення ідентичності посилки
bit ir_p_otp, ir_m_otp; //відпускання кнопки ДК
unsigned int timer_ofa ; //таймер затримки зміни ofa;
eeprom unsigned char pusto[1];
eeprom unsigned char plus[number_of_impuls];
eeprom unsigned char minus[number_of_impuls];
unsigned char serial[number_of_impuls];
flash unsigned char copyright[]="AMAR T0260";
unsigned int tic; //відлік секунд
unsigned int clock; //відлік часу
bit second; //прапорець секунди
bit in_home; //прапорець "господар присутній"
#include "infrared.c"
void write(eeprom char *kuda)
{
for(num=0; num<number_of_impuls; num++) kuda[num]=serial[num];
mode=7;
num=0;
serial[0]=0;
}
void verify(unsigned char temp)

```

```

{
if((serial[num]<(temp-temp/4)) || (serial[num]>(temp+temp/4))) error=1;
}
void infrared(void)
{
static unsigned int zader;
static unsigned char prop;
unsigned char temp;
if(zader) //очікуємо закінчення прийому сигналу
{
if(infra_old==1 && infra==1)
{
if(zader)return;
ir_minus=ir_plus=0;
return;
}
zader=udervanie;
return;
}
if(!prop)
{
if(!infra) goto rc5_fr;
return;
}
if(prop < 7)
{
if(infra_old)
{
if(infra) goto rc5_count;
}
else

```

```

        {
            if(!infra)
                {
rc5_count:        if(++serial[0] > 250) prop=0;
                    return;
                }
            }
            if(serial[0] > 0x14) ++prop;
rc5_fr:        ++prop;
                serial[0]=0;
                return;
            }
if(infra_old != infra)
    {
        ++num;
        serial[num]=0;
        return;
    }
//infra_old == infra
if(num<number_of_impuls && serial[num]<255) ++serial[num];
else //перевірка отриманої послідовності
    {
        closed=1;
        prop=0;
        switch(mode)
            {
                case 5:
                    write(plus);
                    break;

                case 6:
                    write(minus);

```

```

        break;
default:
    error=0;
    for(num=0; num<number_of_impuls-1; num++)
    {
        temp=plus[num];
        if(temp==0xFF) break;
        verify(temp);
    }

if(!error)

    {
        ir_plus=1;
        ir_minus=0;
    }

error=0;
for(num=0; num<number_of_impuls-1; num++)
    {
        temp=minus[num];
        if(temp==0xFF) break;
        verify(temp);
    }

if(!error)
    {
        ir_plus=0;
        ir_minus=1;
    }

if(ir_plus || ir_minus) zader=udervanie;
//очистка масиву і змінної num
num=number_of_impuls;
while(num) serial[--num]=0;
break;

```

```

        }
    }
}
#include "keyboard.c"
Опитування кнопок.
void keyboard(void)
{
#define press_time 10
    static unsigned int counter; //лічильник для зниження частоти виклику
опитування клавіатури.
    static unsigned char press_plus; //лічильник послідовних натискань на
кнопку "+"
    static unsigned char press_minus; // лічильник послідовних натискань на
кнопку "-"
    static unsigned char press_key; //відлік ліміту часу на вхід в mode=5 або 6.
    static unsigned int zader; //лічильник часу натискання на кнопку.
    if(++counter<2000) return;
    //скидаємо лічильник
    counter=0;
    //опитування кнопки
    on_old=on_new;
    off_old=off_new;
    on_new=kn_plus;
    off_new=kn_minus;
    //утримуємо "+" і "-"
    if(!on_old && !off_old && !on_new && !off_new)
    {
        if(zader > press_time*3)
        {
            mode=0; //господар присутній
            in_home=1;

```

```

        clock=0;
    }
    else zader++;
    return;
}

//утримуємо "-"
if(on_old && !off_old && on_new && !off_new || (ir_minus && !in_home))
{
    if(zader>=press_time)
    {
        mode=1; //повільно знижувати яскравість
        in_home=0;
    }
    else zader++;
    return;
}

//утримуємо "+"
if(!on_old && off_old && !on_new && off_new || (ir_plus && !in_home))
{
    if(zader>=press_time)
    {
        mode=2; //повільно збільшувати яскравість
        in_home=0;
    }
    else zader++;
    return;
}

//відпускаємо "-"
if(on_old && !off_old && on_new && off_new && (mode!=5) &&
(mode!=6) || ir_m_otp)
{

```

```

    ir_m_otp=0;
    if(zader<press_time)
    {
        mode=3; //швидко вимкнути
        in_home=0;
        ofa=ofa - (ofa - ofa_min)/4;
    }
    return;
}

//Відпускаємо "+"
if(!on_old && off_old && on_new && off_new && (mode!=5) &&
(mode!=6) || ir_p_otp)
{
    ir_p_otp=0;
    if(zader<press_time)
    {
        mode=4; //швидко увімкнути
        in_home=0;
    }
    return;
}

//натискання "+"
if(on_old && off_old && !on_new && off_new)
{
    enable_count=1;
    if(++press_plus>7)
    {
        mode=5; //режим запам'ятовування посилення ДК "+"
        goto l1;
    }
    return;
}

```

```

    }
    //натискання "-"
    if(on_old && off_old && on_new && !off_new)
    {
        enable_count=1;
        if(++press_minus>7)
        {
            mode=6; // режим запам'ятовування посилення ДК "-"
l1:
            clock=0;
        }
        return;
    }
    //
    if(enable_count) ++press_key;
    if(press_key>press_time*2)
    {
        enable_count=0;
        press_key=0;
        press_plus=0;
        press_minus=0;
    }

    //якщо при повільній зміні яскравості нічого не натиснуто, то зупинити
    зміну яскравості.
    if(mode==1 || mode==2) mode=7;
    //скидаємо лічильник
    zader=0;
}
#include "faza.c"
//Опитування переривання.
#pragma savereg-

```

```

interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
{
s_reg=SREG;
#asm
        PUSH      R30
#endasm
second_half_period=0; //предустановка на подвійну обробку переривання
timer1.
TCNT1H=0xFF; //витримка timer1
TCNT1L=0fa;
TIMSK=0x82; //дозвіл на переривання по переповненню timer1.
#asm
        POP   R30
#endasm
SREG=s_reg;
}
#pragma savereg+
#include "timer0.c"
//опитування переривання таймера0.
#pragma savereg-
interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
if(closed) #asm("RETI");
//зберігаємо використовувані регістри
#asm
        PUSH      R24
        PUSH      R25
        PUSH      R26
        PUSH      R27
        PUSH      R28
        PUSH      R29

```

```

        PUSH    R30
        PUSH    R31
        IN      R30,SREG
        ORI     R30,0x80
        PUSH    R30

#endasm

//опитування пульта ДК
infra_old=infra;
infra=PINB.0;
if(ir_plus_old && !ir_plus && !in_home && (mode!=1) && (mode!=2))
ir_p_otp=1;
    if(ir_minus_old && !ir_minus && !in_home && (mode!=1) && (mode!=2))
ir_m_otp=1;
    ir_plus_old=ir_plus;
    ir_minus_old=ir_minus;
//дозволяємо переривання
#asm("SEI");
//опитування пульта ДК
infrared();
//опитування кнопки
keyboard();
if(++tic>=7813) //чекаємо 0,5сек
{
    tic=0;
    clock++; //0 to 4294967295
    second=~second;
}

//відновлюємо використані регістри і повертаємося.
#asm
    POP  R30
    OUT  SREG,R30

```

```

        POP    R31
        POP    R30
        POP    R29
        POP    R28
        POP    R27
        POP    R26
        POP    R25
        POP    R24

#endasm
closed=0;
#asm
        RET
#endasm
}
#pragma savereg+
#include "timer1.c"
//опитування переривання таймера1 (ввімкнення симістора).
#pragma savereg-
interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
//зберігаємо регістри
s_reg=SREG;
#asm
        PUSH    R30
#endasm
//формуємо імпульс запалювання
PORTB=0x00;
//delay_us(7);
#asm
        LDI R30,9
__DELAY:

```

```

        DEC R30
        BRNE __DELAY
#endasm
PORTB=0b00011110;
//витримка 10мсек для другого проходу
TCNT1H=0xFF;
TCNT1L=0x64;
if(second_half_period)    TIMSK=0x02;    //забороняємо переривання
таймер1.
second_half_period=1;
//відновлюємо регістри
#asm
        POP R30
#endasm
SREG=s_reg;
}
#pragma savereg+
void main(void)
{
begin:
#asm("cli");
#include "init.c"
DDRB =0b00011110;
PORTB=0b00011110;
DDRD =0b00110000;
PORTD=0b01000001;
TCCR0=0x01;
TCNT0=0x02;
TIMSK=0x02;
TCCR1B=0x04;
TCCR1A=0x00;

```

```

TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
OCR1H=0x00;
OCR1L=0x00;
GIMSK=0x00;
MCUCR=0x03;
GIFR=0x40;
ACSR=0x80;
//підготовка даних
second_half_period=closed=0;
on_old=off_old=infra=infra_old=in_home=1;
mode=0;
ofa=ofa_min;
#asm("sei");
while (1)
    {
        switch(mode)
        {
            case 0: #include "mode_0.c"; //господар присутній
red=second; //засвічуємо зеленим і червоним світлодіодами
green=second;
//4 години
if(clock==28800) mode=4; //швидко ввімкнути
//ще півгодини
if(clock>32400)
        {
            mode=3; //швидко вимкнути
            clock=0;
        }
            break;
            case 1: #include "mode_1.c"; //повільно знижувати яскравість
if(GIMSK==0x00)
        {

```

```

        mode=7;
        break;
    }
    if(++timer_ofa>7500)
    {
        timer_ofa=0;
        if(ofa>ofa_min) ofa--;
        else GIMSK=0x00;
    }

        break;
    case 2: #include "mode_2.c"; //повільно збільшувати
яскравість
        if(GIMSK==0x00)
        {
            ofa=ofa_min;
            GIMSK=0x40;
            timer_ofa=0;
        }
        if(++timer_ofa>7500)
        {
            timer_ofa=0;
            if(ofa<ofa_max) ofa++;
            else mode=7;
        }

            break;
    case 3: #include "mode_3.c"; //швидко вимкнути
        if(GIMSK==0x00)
        {
            if(in_home) mode=0;
            else mode=7;
            break;

```

```

    }
    if(++timer_ofa>21000)
    {
        timer_ofa=0;
        if(ofa>ofa_min) ofa--;
        else GIMSK=0x00;
    }

        break;
        case 4: #include "mode_4.c"; //швидко ввімкнути
    if(GIMSK==0x00)
    {
        ofa=ofa_min;
        GIMSK=0x40;
        timer_ofa=0;
    }
    if(++timer_ofa>330)
    {
        timer_ofa=0;
        if(ofa<ofa_max) ofa++;
        else
        {
            if(in_home) mode=0;
            else mode=7;
        }
    }

        break;
        case 5: #include "mode_5.c"; //запам'ятати ДК "+"
red=0;
green=second;
//якщо за 10 сек не прийняли сигнал програмування, то вихід з
програмування

```

```

if(clock>20) mode=7;
        break;
        case 6: #include "mode_6.c"; //запам'ятати ДК "-"
green=0;
red=second;
        //якщо за 10 сек не прийняли сигнал програмування, то вихід з
програмування
        if(clock>20) mode=7;
                break;
                case 7: #include "mode_7.c"; //очікуємо
if(GIMSK==0x00) green=1; //засвічуємо зелений світлодіод
else green=0; //вимикаємо зелений світлодіод
                break;
        default:
                goto begin;
        }
#asm
        SBIS 0x16,0
        RJMPL1
        CBI 0x12,4
        RJMPL2
L1:
        SBI 0x12,4
L2:
#endasm
        }
}

```

ДОДАТОК 2
Структурна схема



Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	Резистор		
R1	0805 0.125 Вт 51 кОм ±5%	1	
	Конденсатори		
C1	0805 0,1 мкФ 50В ±5%	1	
C2, C3	0805 27 пФ 50В ±5%	2	
C4	47 мкФ 25В ±20%	1	
C5, C8	0805 3,9 пФ 50В ±5%	2	
C6, C12	0805 220 пФ 50В ±5%	2	
C7, C9	0805 0,1 мкФ 50В ±5%	2	
C10	0805 8,2 пФ 50В ±5%	1	
C11	0805 5,6 пФ 50В ±5%	1	
	Котушки індуктивності		
L1	CW0805 – 27 ±5%	1	
L2	CW0805 – 27 ±5%	1	
L3	CW0805 – 22 ±5%	1	
L4	CW0805 – 27 ±5%	1	
	Кварцовий резонатор		
Q1	TSQ – 3225SMD 27МГц	1	
	Мікросхема		
DD1	CC1101	1	
	Розєм		
XS1	171857-0006	1	