

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

Факультет електроніки

Кафедра електронних приладів та пристроїв

До захисту допущено

Завідувач кафедри, проф., д.т.н.

\_\_\_\_\_ Л.Д.Писаренко

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки **6.050802 – Електронні пристрої та системи**

на тему «Автоматична система керування освітленням»

**Виконала:**

Студентка 4 курсу, гр. ДЕ-з51 **Безугла Ярослава** \_\_\_\_\_

**Володимирівна**

**Керівник:**

Доцент кафедри ЕП та П, к.т.н. **Тугай С.Б.** \_\_\_\_\_

Нормоконтроль:

Доцент кафедри ЕП та П, к.т.н. \_\_\_\_\_

Рецензент:

Доцент кафедри \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій бакалаврській  
роботі немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ-2019

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

Факультет електроніки

Кафедра електронних приладів та пристроїв

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки (програма професійного спрямування) – 6.050802 –

Електронні пристрої та системи (Електронні прилади та пристрої)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри, проф., д.т.н.

\_\_\_\_\_ Л.Д.Писаренко

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

**Безуглої Ярослави Володимирівни**

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи «Автоматична система керування освітленням»**

і керівник проекту Тугай Сергій Борисович, доцент, к.т.н., б/з

затверджені наказом по університету від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р., № \_\_\_\_\_

**2. Термін подання студентом роботи: 4 червня 2019 року**

**3. Вихідні дані до проекту:** Пристрій являє собою конструкцію, яка має виконувати автоматичне керування освітленням. Прилад повинен відповідати сучасним технічним розробкам, бути досить універсальним та містити легкодоступну елементну базу.

#### **4. Зміст роботи:**

- Анотація;
- вступ;
- аналіз технічного завдання;
- огляд існуючих засобів керування;
- аналіз структурних елементів пристрою
- обґрунтування вибору елементної бази;
- розробка схеми електричної принципової;
- розробка алгоритму роботи програмного забезпечення;
- конструкторсько-технологічні розрахунки;
- розрахунок потужності споживаної мікроконтролерним блоком;
- розрахунок потужності споживаної датчиками;
- розрахунок потужності споживаної блоком освітлення;
- висновки.

#### **5. Перелік ілюстрованого матеріалу:**

- структурна схема пристрою;
- схема електрична принципова блока керування;
- друкована плата блока керування;
- складальне креслення друкованої плати блока керування.

#### **6. Дата видачі завдання: 16.03.19**

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд науково-технічної літератури по автоматичним системам керування освітленням	16.03.19-26.03.19	виконано
2	Опис структури пристрою автоматичної системи керування освітленням і його окремих складових	26.03.19-02.04.19	виконано
3	Розробка структурної та електричної принципової схеми автоматичної системи керування освітленням	02.04.19-09.04.19	виконано
4	Вибір елементної бази для виготовлення пристрою	09.04.19-23.04.19	виконано
5	Виконання розрахунків блоків пристрою	23.04.19-07.05.19	виконано
7	Виконання креслень друкованої плати та складального креслення друкованого вузла	07.05.19-14.05.19	виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	14.05.19-21.05.19	Виконано

**Студентка гр. ДЕ-з51**

**Я.В. Безугла**

**Керівник роботи**

**С.Б. Тугай**

## РЕФЕРАТ

«Автоматична система керування освітленням / Бакалаврська робота напряму підготовки **6.050802** – «Електронні пристрої та системи» спеціалізації «Електронні прилади та пристрої». Безугла Ярослава Володимирівна. НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». Факультет електроніки, кафедра електронних приладів та пристроїв. Група ДЕ-351. – К.: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2019. – 68 с., іл. 24, табл. 9.

### **Ключові слова:**

**Короткий зміст роботи:** Дана дипломна робота присвячена дослідженню автоматичної системи керування освітленням. В ній представлено результати розрахунків потужності блоків принципової схеми.

У вступі сформульована головна задача роботи і показана її актуальність. В аналізі літератури представлений огляд існуючих систем керування, їх основні параметри та характеристики, та підтверджена перспективність їх розробки. В теоретичній частині проведений аналіз структурних елементів пристрою, розглянута доцільність використання обраних компонентів та представлена розробка схеми принципової. В розділі розрахунків приведені методики та результати розрахунку потужності блоків, наявних в схемі пристрою.

## АНОТАЦІЯ

В виконаному дипломному проекті розглядається науково-технічна література пов'язана з автоматичними системами керування освітленням.

Висвітлено існуючі методи керування та реалізації необхідних процесів.

Проведено теоретичний розрахунок параметрів розроблюваного пристрою, а саме розрахунок потужності блоків, що входять до конструкції автоматичної системи керування освітленням.

В ході виконання роботи розроблена принципова схема. На основі неї розроблено та спроектовано друковану плату. В процесі виконання роботи створено необхідна конструкторська документація для виготовлення пристрою.

## ABSTRAC

**Пояснювальна записка  
до дипломної роботи**

на тему: **Автоматична система керування освітленням**

Київ – 2019



## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ .....	4
ВСТУП .....	5
1. ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	7
1.1. Автоматичні системи керування освітленням.....	7
1.2. Аналіз аналогів систем розумного керування.....	8
Висновки .....	12
2. СТРУКТУРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ .....	13
2.1. Аналіз структурних елементів пристрою .....	13
2.1.1. Джерело освітлення.....	13
2.1.2. Модуль детектування.....	14
2.1.3. Модуль живлення .....	15
2.1.4. Модуль керування .....	15
2.2. Вибір елементної бази.....	17
2.3. Створення структурної схеми .....	25
2.4. Розробка та опис схеми електричної принципової .....	26
Висновки .....	26
3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	28
3.1. Алгоритми роботи автономної системи освітлення .....	28
3.2. Автономної системи освітлення з використанням нечіткої логіки..	31
Висновки .....	33

						<i>ДЕЗ51.461552.001</i>						
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпи</i>	<i>Дат</i>	Автоматична  система керування			<i>Літ</i>	<i>Арк</i>	<i>Листів</i>		
<i>Розробк</i>										2	53	
<i>Перевір</i>								КПІ ім. Т.Сікорського				
<i>Реценз</i>												
<i>Ц</i>												
<i>Затверд</i>												

4.	РОЗРАХУНКИ.....	34
4.1.	Розрахунок потужності споживаної мікроконтролерним блоком ...	34
4.2.	Розрахунок потужності споживаної датчиками .....	36
4.3.	Розрахунки потужності блоку освітлення .....	41
	Висновки .....	46
5.	КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	47
5.1.	Моделювання друкованої плати .....	47
	Висновки .....	50
	ВИСНОВКИ.....	51
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	52

					<i>ДЕЗ51.461552.001</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ СИМВОЛІВ І  
СКОРОЧЕНЬ**

АСКО	–	автоматична система керування освітленням
МК	–	мікроконтролер
Wi-Fi	–	(від англ. Wireless Fidelity) торгова марка на базі стандарту IEEE 802.11.
ДОН	–	джерело опорної напруги
ALU	–	арифметично-логічна одиниця
АЦП	–	аналого–цифровий перетворювач
ОП	–	операційний підсилювач
КЗ	–	коротке замикання

									Арк. 4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ДЕЗ51.461552.001</b>				

## ВСТУП

Сучасний розвиток електроніки демонструє стійку тенденцію до інтелектуалізації та автоматизації процесів не лише у сферах промислового виробництва, а й у повсякденному житті. Одним з сучасних напрямів оптимізації є технології Internet of Thing (IoT). Така технологія все частіше зустрічається в системах освітлення.

Одним із пріоритетів інноваційного розвитку в Україні є підвищення енергетичної ефективності. Це пов'язано з дефіцитом енергоресурсів та екологічними проблемами. Системи, що застосовуються сьогодні, важко назвати ефективними по ряду причин. Досить поширеною є експлуатація систем ручного вмикання-вимикання освітлення, що несе великі перевитрати електроенергії. Немає повноцінного контролю за потужністю освітлення вдень і вночі. Кінцеві користувачі не завжди можуть отримати можливість повноцінно налаштувати всі параметри освітлення під власні потреби.

На основі цих проблем виникає необхідність в розробці енергоефективної автоматичної системи керування освітленням. Шляхом використання інноваційних технологій, таких як автоматичної системи керування освітленням (АСКО) можна понизити рівень витрат енергії, зробити їх більш ефективними та досягти повного і точного контролю над роботою освітлювальних приладів. Тому, розробка АСКО, в першу чергу, необхідна для економічного споживання електроенергії.

Пониження рівня витрат електроенергії здійснюється за рахунок оптимальної роботи освітлювальних систем в кожен період доби. Рационально побудована схема керування скорочує тривалість горіння освітлювальних приладів. Для цього передбачається наявність функції вмикання і вимикання окремих світильників в приміщенні, регулювання споживання електрики, контроль цілісності обладнання та несанкціонованого доступу, подання сигналів у разі аварійних ситуацій.

АСКО розділяються на класи – локальні та централізовані. Локальним системам характерно керування одною групою світильників, керуючи

						Арк. 5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ДЕЗ51.461552.001</b>	

кожним світильником роздільно. Централізовані передбачають підключення великої кількості груп світильників, які теж в свою чергу керуються окремо.

Керування освітлювальним навантаженням відбувається вимиканням всіх світильників або їх частини (дискретне керування) і плавною зміною потужності приладів освітлення, яка може бути спільною або індивідуальною для кожного елемента групи.

На практиці найчастіше автоматизується керування зовнішнім освітленням, для цього застосовуються фотоелементи, які є датчиками для систем керування. Датчик програмується на певний мінімальний рівень природного освітлення для вимикання ламп на світанку при досягненні поставленого значення і їх вмикання в сутінки.

Метою даної дипломної роботи є проектування універсальної системи автоматичного керування освітленням, на доступнішій елементній базі, яка буде забезпечувати вирішення поставлених функцій з мінімальними неточностями.

Задачі:

1. Аналіз існуючих аналогів.
2. Розробка схеми принципової.
3. Визначення особливостей схеми та вибір елементної бази.
4. Розрахунок потужності блоків схеми.

					<i>ДЕЗ51.461552.001</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

# 1. ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1. Автоматичні системи керування освітленням

Одним із найефективніших методів економії електроенергії в квартирі, на виробництві чи офісі є установка автоматичної системи керування освітленням.

АСКО являє собою інтелектуальну мережу, яка забезпечує запрограмований користувачем рівень світла, в необхідних місцях. Така структура містить в собі різноманітні датчики, світильники, лампи та інші пристрої що дозволяють працювати в автономному режимі. Досить часто АСКО зустрічається під назвою «розумне» освітлення.

Існує декілька способів роботи АСКО. Керування в перших виконується через дистанційну панель, на якій кожна кнопка відповідає окремій лампі або об'єднаній групі освітлювальних пристроїв. До деяких приладів цього типу розробники створюють спеціалізоване програмне забезпечення, за допомогою якого контроль може здійснюватися через сучасні гаджети.

Особливістю другого типу керування є наявність різноманітних датчиків в приміщенні. За допомогою них відбувається контроль за рівнем природного освітлення та наявністю людей в контрольованій зоні.

Наприклад, розглянемо сценарій, коли при недостатності природного світла в кімнату заходить людина. На датчик руху надходить інфрачервоне випромінювання (тепло), при цьому відбувається перевірка рівня світла, якщо його недостатньо світло вмикається. Недоліком такої системи є можлива реакція на тварин, оскільки від них теж надходить тепло, виправити це можна шляхом пониження чутливості датчиків.

Умовно АСКО можна поділити на три класи [3]:

1. Автоматичне керування точкою освітлення. Така система є досить простою і конструктивно входить до самого світильника. Управляти можна одною окремою лампою або цілою групою найближчих ламп.

									Арк. 7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ДЕЗ51.461552.001</b>				

2. Автоматичне керування освітлення приміщення. Як і у попередньому пункті керування може здійснюватися над групою світильників або одиничними лампами але у декількох приміщеннях.

3. Автоматичне керування об'єднаного типу. Така АСКО являє собою комп'ютеризовану установку, яка окрім освітлення захоплює й інші системи підлягаючі керуванню, однієї або цілої групи будівель.

Часто виробники АСКО розробляють окремі блоки, які можна під'єднати до будь-якої існуючої системи освітлення. Основною перевагою таких систем є надійність. Особливо це стосується АСКО, яким не потрібно електроживлення.

Якщо говорити за конструкційне розміщення АСКО, воно являє собою встановлені під стелею або в електричних щитових блоки, які реалізують необхідні функції в залежності від поставленого завдання [4]. Функціями, що виконує модуль «розумного освітлення», можна керувати дистанційно. Це робить системи більш актуальними у повсякденному використанні.

## 1.2. Аналіз аналогів систем розумного керування

На ринку з'являється все більше різних за функціоналом та призначенням пристроїв. Одним з основних факторів, при виборі систем «розумного освітлення», є технічні умови блоку освітлення. Відповідно до потреб вони можуть містити декілька каналів освітлення, мати різну потужність, та спосіб підключення. Саме тому варто розглянути існуючі системи для визначення основних недоліків та переваг, при розробці власної системи розумного освітлення.

### DMX-512

Для DMX-512 є характерним те, що він може одночасно тримати під контролем 511 каналів [5]. Щоб краще зрозуміти цю особливість, розглянемо приклад керування RGB світлом. Для RGB світла необхідно три канали, тому одночасно одним DMX контролером можна управляти приблизно 170 RGB системами, або 511 одиничними світлодіодними пристроями на одному контролері

								Арк. 8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>DE351.461552.001</i>			

Сценарії за яким працює освітлення програмується з використанням DMX Decoder / Driver. Кожному світловому приладу виділяється окрема адреса, яка також окремо програмується. Щоб пристрій освітлення коректно працював і керувався DMX протоколом, DMX декодер або DMX драйвер необхідно підключати до кожного світильника. Приклад такої системи наведено на Рис. 1.1

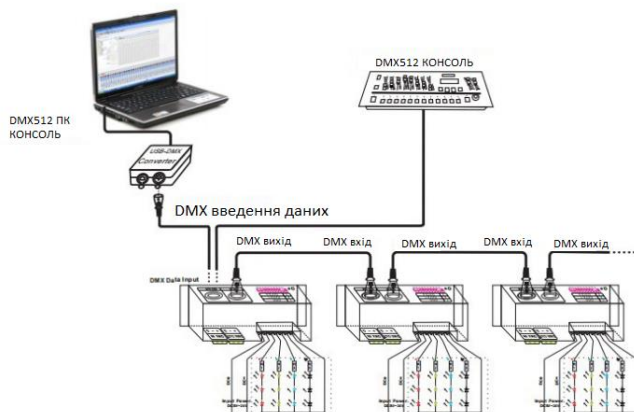


Рис. 1.1 – Схема підключення DMX512

Такі системи є багатофункціональними та вузько направленими. Метою розробки є створення приладу, що є більш універсальним. Головною перевагою таких систем є використання декількох каналів для керування. Це дозволить контролювати декілька точок освітлення при використанні одного модуля керування.

### Dali

Для інтеграції використовується шлюзи між системами для отримання двостороннього зв'язку і відповідно двостороннього керування. Система Dali може бути як окремою автономною установкою для керування освітленням так і входити в загальну існуючу систему.

Система Dali підтримує комбіновану роботу разом з датчиками для вирішення окремих задач. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

Для керування такою системою використовуються команди, які складаються із адреси пристрою та коду дії [6]. Задачі можуть бути



індивідуальні, для окремого адресата. Груповими – для об’єднаних в групу пристроїв. Широкомовними – для пристроїв на одній лінії. Команди світлових сцен для пристроїв, в пам’яті яких є запис вказаної сцени. Команди стану прибору – при отриманні яких пристрій передає свої дані.



Рис. 1.2 – Зовнішній вигляд потенціометра Dali

Для розробки приладу необхідно мати модуль підключення до локальної мережі по стандартному протоколу TCP/IP. Основним елементом служить контролер ENC28J60. Він дозволяє візуально керувати системою через веб-сайт. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

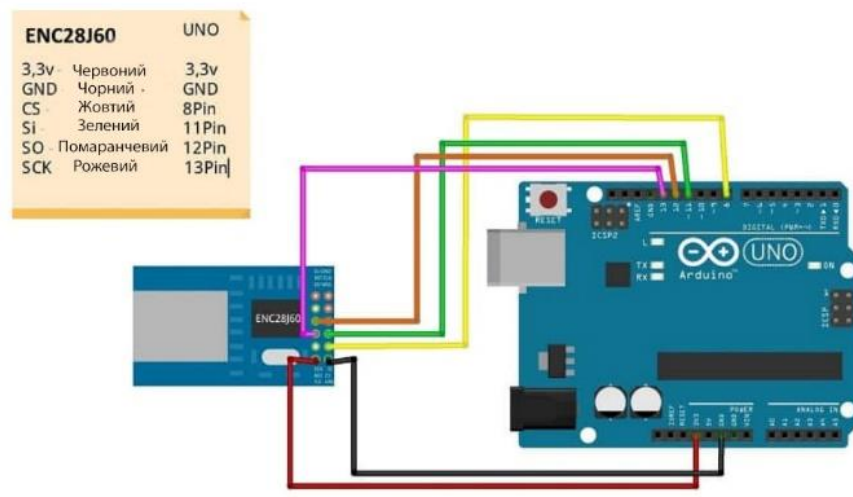


Рис. 1.3 – Підключення мережевого модулю до Ардуіно

Такі системи потребують протоколів для взаємодії між пристроями керування. Це робить їх складними у використанні та обслуговуванні. Створення пристрою з більш простою взаємодією дозволить полегшити

обслуговування пристрою та взаємодію його з точками освітлення, що збільшить його універсальність.

Блок керування розумним освітленням повинен виконувати контроль над джерелам освітлення, а також мати простий інтерфейс для взаємодії з джерелами освітлення. Тому варто розглянути системи більш локального використання. Локальне використання систем дозволить спростити конструкцію приладу, при цьому залишивши основний функціонал.

Нашим вимогам відповідає модель блоків керування Luminous BT Smart Bulb. Рис. 1.4. Щоб підключити «розумну» лампу буде недостатньо вкрутити її в цоколь. Потрібно підключитися до лампи будь-яким зручним гаджетом, це можливо за рахунок вбудованого Bluetooth-модуля. Після, встановити спеціальне програмне забезпечення та задати параметри яскравості світла та інші ефекти передбачені виробником [7].



Рис. 1.4 – Зовнішній вигляд лампи Luminous BT Smart Bulb

Має широкий функціонал який надає змогу налаштовувати параметри світіння, окремо для кожного користувача. Також системи контролю мають низькі габарити, що є однозначною перевагою, в порівнянні з розглянутими системами керування. Однак використання спеціального програмного забезпечення потребує додаткової розробки, а використання модулів бездротового зв'язку значно збільшує складність конструкції. Ці фактори впливають на вартість приладу.

					<i>ДЕЗ51.461552.001</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Оскільки нашою метою є створення приладу легкодоступного, то варто розглянути моделі простішого функціоналу. Відповідно до вимог їх ціна буде меншою, а універсальність більшою.

Прикладом більш простої системи є розумні патрони фірми draft Рис. 1.5. Вони є повністю автоматичними та не потребують взаємодії з користувачем. Основний їх функціонал зосереджено на аналізі природнього освітлення та детектуванні руху.



Рис. 1.5 – Елементи «розумної» лампи

Як видно із конструкції, така система має власне джерело живлення, керування, та систем датчиків.

### **Висновки**

Виходячи із розглянутих особливостей таких систем, можна зробити висновки про їх універсальність. Основною перевагою є можливість свободи у виборі функцій, це досягається за рахунок додавання різноманітних датчиків. Аналіз аналогів дозволив висунути основні вимоги до пристрою. Він повинен містити у своїй конструкції джерело живлення, керування та детектування. Відповідно до цих вимог буде розроблено схему структурну.

## 2. СТРУКТУРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ

Аналіз аналогів дозволив сформувавши основні вимоги до блоків структурної схеми. Для визначення схемотехнічного рішення та вибору елементної бази необхідно розглянути принцип роботи та взаємодії систем освітлення, живлення, керування та детектування.

### 2.1. Аналіз структурних елементів пристрою

#### 2.1.1. Джерело освітлення

Визначає основні вимоги до пристрою, а саме до блоку живлення. Джерело освітлення має технічні вимоги, відповідно них воно потребує певну потужність для роботи. Джерело живлення повинно бути спроектовано таким чином, щоб живити джерело світла на достатньому рівні.

Доцільним шляхом реалізації АСКО є використання світлодіодних ламп. Світлодіодна «розумна» лампа являє собою пристрій, який можна доповнювати різними датчиками, робити індивідуальні налаштування в залежності від потреб користувача, та здійснювати управління з будь-якої зручної точки в приміщенні. За рахунок такого широкого функціоналу все більша кількість людей починає надавати перевагу «розумній» світлотехніці.

Світлодіодні лампи розділяються на дві категорії. До першої відносяться ті, що за допомогою різноманітних датчиків, реагують на наявність руху в приміщенні. Інший вид ламп надає можливість керування віддалено, шляхом використання смартфонів та додатків, такі системи мають назву smart-освітлення.

Деякі моделі, об'єднують відразу дві згадані категорії. За допомогою додатків встановлюються потрібні налаштування і підключається автоматичний режим. Тобто прилад працюватиме самостійно, враховуючи дані введені користувачем і вмикаючи світло відповідно встановлених потреб.

Зазвичай, лампи встановлені в smart-системах працюють на світлодіодах. При незначному споживанні електроенергії, діод випромінює

									Арк. 13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ДЕЗ51.461552.001</i>				

велику кількість світла. Саме цей фактор забезпечує економічність та великий рівень попиту. Приклад такої лампи наведено на Рис. 2.1.



Рис. 2.1 – «Розумна» світлодіодна лампа

Як видно основні зовнішні компоненти світлодіодної лампи - це алюмінієвий цоколь, за рахунок якого забезпечується жорсткість і тепловідведення. Всередині наявні світлодіоди, трансформатор, контролер. Для додаткових можливостей в лампі можуть бути встановлені камера або мікрофон.

Розглядаючи LED лампи і особливості функціонування освітлювальних приладів такого типу, не можна залишити без уваги питання їхнього живлення. Світлодіод і зібраний на його базі прилад є низьковольтним обладнанням. Щоб адаптувати пристрій до параметрів роботи стандартної мережі, потрібно використовувати спеціальний елемент - драйвер. В разі роботи з світлодіодами контролювати доводиться, струм. Вибір драйвера необхідно робити з урахування вимог до потужності джерел освітлення. Головними факторами в цьому випадку стануть напруга живлення та струм, що протікатиме в колі світлодіоду.

### 2.1.2. Модуль детектування

Щоб витрати електроенергії були більш доцільними, в керуванні світлом можна компанувати різні датчики. Наприклад, датчик освітленості, який буде регулювати яскравість світіння, вмикати та вимикати лампи в залежності від рівня природного освітлення. Приклад такої системи наведено на Рис. 2.2.

					<i>DE351.461552.001</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Принцип роботи такого датчика заключається в наступному. За допомогою фотоелементу він фіксує рівень освітленості, початок роботи припадає на момент досягнення вказаних користувачем параметрів [8]. При спрацьовуванні необхідного порогу до мережі освітлення, через силовий контакт, починає подаватися напруга. На корпусі розміщений спеціальний регулятор, за допомогою якого реалізується налаштування рівня світіння.

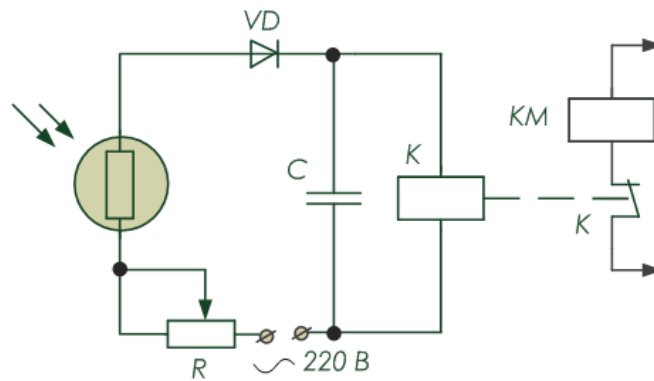


Рис. 2.2 – Принципова схема датчика освітленості

### 2.1.3. Модуль живлення

Для реалізації такої схеми потрібен датчик освітленості. Це може бути датчик з комутаційним механізмом, у якості якого найчастіше виступає реле. Такий механізм здатний керувати системами з невеликим струмом споживання.

В іншому випадку може застосовуватись автомат керування освітленням з виносним датчиком. Такий датчик подає лише керуючий імпульс на автомат, а комутація ланцюга відбувається автоматом. Використання спеціальних автоматів значно підвищує можливості систем керування, оскільки вони здатні комутувати більший струм.

### 2.1.4. Модуль керування

Відповідно до потреб керування в установках «розумного освітлення» можуть використовуватись спеціальні системи. Вони можуть бути як ручними, так і автоматичними. Виходячи з аналізу аналогічних модулів, будемо спиратися на автоматичні системи.

Схеми керування світлом можна класифікувати [9]. Перший тип - ручні схеми, автоматизацію вони не забезпечують, але гарантують певний комфорт. Враховуючи відношення ціни та зручності їм надають більшу перевагу ніж повністю автоматизованим системам.

Найпростішою схемою для керування освітленням є пульт керування Рис. 2.3. Його основний недолік – обмеженість функцій. Він призначений лише для вмикання та вимикання освітлення. Метою розробки є створення системи, що здатна змінювати яскравість освітлення приміщення відповідно до умов навколишнього середовища.

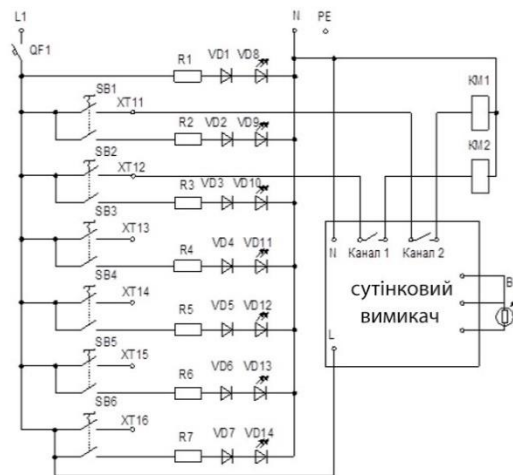


Рис. 2.3 – Принципова схема автоматичного керування

Використання у якості керуючого модуля мікроконтролера значно підвищить можливості блоку управління. Нижче наведена схема на мікроконтролері PIC12F629, яку зазвичай використовують в прохідних приміщеннях. Рис. 2.4.

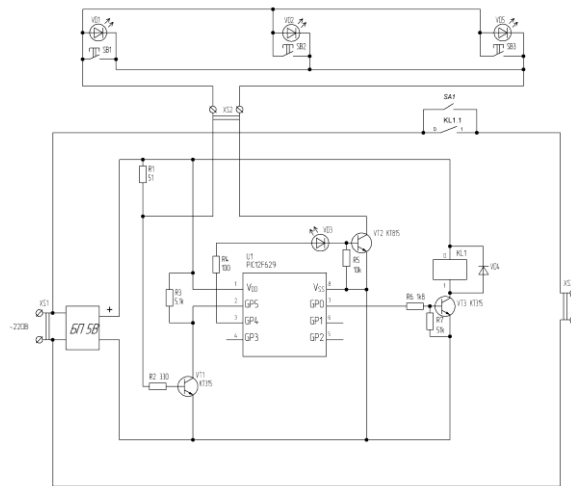


Рис. 2.4 – Схема управління освітленням на мікроконтролері PIC12F629.

Принцип роботи такої схеми полягає в наступному. На базу ключа VT2, з виходу мікроконтролера GP4 надходить сигнал, який замикає сигнальний ланцюг кнопок [10]. Як результат на діодах VD1, VD2 і VD5 відбувається падіння напруги та в колі починає протікати струм.

Головною перевагою такої системи керування є можливість контролювати яскравість освітлення за допомогою МК. Оскільки мікроконтролер може керувати силовим ключем, напруга, що виділяється на світлодіодах буде змінюватись. Це призведе до змін яскравості.

## 2.2. Вибір елементної бази

### Джерело опорної напруги

Особливістю схеми, яка буде розроблятися є використання для живлення МК інтегрального джерела опорної напруги (ДОН) паралельного типу ( на схемі позначено як VD1 - LM4040-5.0). Таке використання відразу надає декілька переваг. По-перше понижується рівень споживаного струму. По-друге, якщо на шині живлення виникне проблема, яка призведе до підвищення напруги на виході паралельного ДОН, стабілізація не буде порушеною, відбудеться всього лише збільшення струму через ДОН [11].

### Джерело живлення

Важливим вузлом МК є джерело живлення. Вибір типу живлення виконується на основі аналізу необхідної конструкції.

									Арк. 17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ДЕЗ51.461552.001</b>				



Схема джерела живлення обирається за певними параметрами, такими як вихідна потужність та характер навантаження.

В обраній конструкції буде використовуватись схема із застосуванням стабілізаторів в інтегральному виконанні Рис. 2.5.

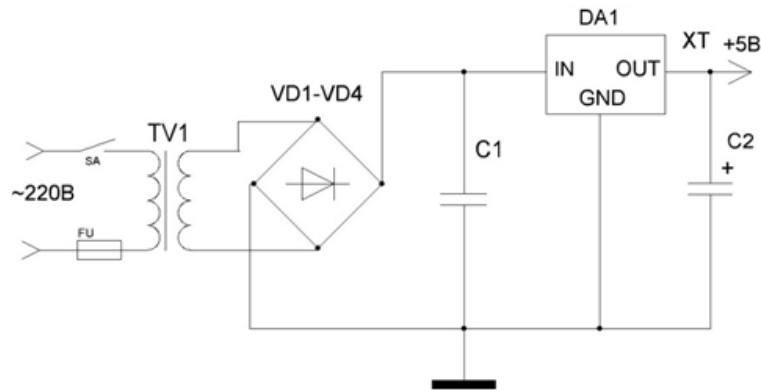


Рис. 2.5 – Принципова схема блоку живлення.

У проєктованому пристрої вже вибраний в якості стабілізатора джерело опорної напруги (ДОН) паралельного типу - LM4040-5.0 в інтегральному виконанні [12].

### Стабілізатор

Щоб одержати стабілізовану напругу +5 В при струмі 0.5 – 1А буде використаний стабілізатор КР142ЕН5А. Рис. 2.6. Його переваги полягають в досить низькій вартості, малій кількості елементів і при цьому високих технічних характеристиках. Таблиця 1.

Таблиця 1 – Характеристики мікросхеми КР142 ЕН5А

Тип мікросхеми	Вихідна напруга, В	Точність установки, %	Струм без навантаження, мА	Номінальний струм навантаження, А	Коефіцієнт стабілізації	Вхідна напруга, В
КР142 ЕН5А	5	2	4.5	0.5-1	400	7-25

Крім перерахованих вище переваг, такий стабілізатор забезпечує вищу надійність мікросхеми, оскільки має вбудований захист від перевантаження за струмом.

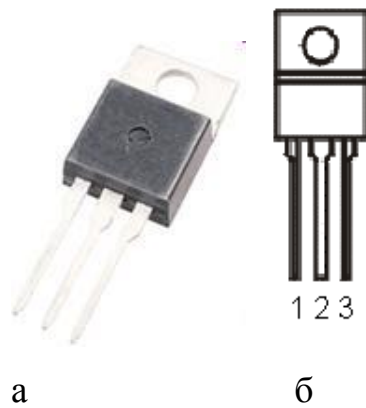


Рис. 2.6 – Зовнішній вигляд КР142ЕН5А (а); виводи (б) 1-вхід, 2-земля, 3- вихід.

### Мікроконтролер АТmega16L-8PU

АТmega16L-8PU являє собою 8-розрядний AVR-мікроконтролер, малої потужності, що містить запрограмовану флеш-пам'ять ємністю 16 кбайт. При тактовій частоті 8 МГц така мікросхема може виконувати до 16 мільйонів операцій в секунду, що дозволяє конструктору системи оптимізувати споживання енергії нехтуючи при цьому швидкістю обробки. Необхідна напруга живлення 2,7 – 5,5 В. Робочі температури: від -40 до +85 С [13]. Приклад такого мікроконтролера наведений на Рис. 2.7.



Рис. 2.7 – Зовнішній вигляд мікроконтролера АТmega16L-8PU

Мікроконтролер має 32 реєстра загального призначення, які безпосередньо підключені до Арифметичної логічної одиниці (ALU), це надає можливість мати доступ до двох незалежних реєстраторів в одній команді виконаній за один цикл. В результаті цього пропускну здатність досягається в 10 разів швидше ніж в звичайних мікроконтролерах CISC. До

функціоналу МК також входять три гнучких таймера/лічильника з режимами порівняння, 10-розрядний АЦП з додатковим диференціальним вхідним каскадом, послідовний порт SPI та шість режимів.

Режими в яких працює мікроконтролер:

Режим очікування виконує зупинку центрального процесору, що дозволяє використовувати USART. Асинхронний таймер не припиняє свою роботу при переході до режиму енергозбереження. Це дозволяє користувачеві підтримувати базу таймера, поки пристрій не працює.

Режим шумозаглушення зупиняє процесор і всі модулі вводу/виводу, крім асинхронного таймеру і аналого-цифровий перетворювач (АЦП), щоб мінімізувати шум перемикання під час перетворення АЦП.

У режимі очікування генератор кварцового резонатору працює доти, доки інша частина пристрою знаходиться в режимі сну. Це забезпечує швидкий і низьке енергоспоживання.

В режимі розширеного очікування обидва основних генератора і асинхронний таймер не зупиняють свою роботу.

МК виготовляється на основі технології енергонезалежної пам'яті високої щільності Atmel. Onchip ISP Flash, яка надає можливість перепрограмувати пам'ять програми через послідовний інтерфейс SPI, звичайним програмістом енергонезалежної пам'яті або вбудованою програмою загрузки. Програмне забезпечення в розділі Boot Flash продовжуватиме свою роботу під час оновлення розділу Flash Application, забезпечуючи операцію читання під час запису.

В розроблюваній системі мікроконтролер ATmega16L-8PU забезпечує керування пристроєм з можливостями програмної реалізації обробки інформації, що надходить з датчиків. Подальше зіставлення отриманих даних з тими що вказують на необхідний рівень освітлення. Крім того, мікроконтролер може виконувати корекцію світлових параметрів та створювати керуючі імпульси для керування джерелом світла.

Порти мікроконтролера:

						Арк. 20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДЕЗ51.461552.001	

**VCC** Цифрова напруга живлення.

**GND** Земля

**Порт А (РА7..РА0)** служить аналоговим входом в АЦП-перетворювачі, або 8-бітним двонаправленим портом вводу / виводу, якщо АЦП не використовується. При використанні контактів РА0 – РА7 в якості входів з низькою зовнішньою напругою, вони служать джерелом струму.

**Порт В (РВ7..РВ0)** Порт В є 8-бітним бі-спрямованим портом вводу / виводу з внутрішніми резисторами підтягування (вибраними для кожного біта). Вихідні буфери порту В мають симетричні характеристики приводу з високою потужністю.

**Port С (РС7..РС0)** являє собою 8-бітний двонаправлений порт вводу / виводу з внутрішніми підтягуючими резисторами (обирається для кожного біта). Вихідні буфери порта С мають симетричні характеристики приводів з високою потужністю. В якості входів порту С використовуються зовнішні контакти низького рівня напруги.

**Порт D (PD7..PD0)** 8-бітний двонаправлений порт вводу / виводу з внутрішніми підтягуючими резисторами (обирається для кожного біта). В якості вхідних сигналів служать зовнішні контакти порту D, які знаходяться в стані низької напруги.

**RESET** Низький рівень, який генерує скидання.

**XTAL1** Вхід для підсилювача інвертуючого генератора та для внутрішньої тактової схеми.

**XTAL2** Вихід інвертуючого генератора підсилювача.

**AVCC** Вивід напруги живлення для порту А і АЦП. Навіть якщо АЦП не використовується, має підключатися до VCC ззовні,. У випадку використання АЦП вивід має підключатися до VCC через фільтр нижніх частот.

**AREF** - аналоговий контрольний штифт для А/D-перетворювача

Atmel ATmega16 це потужний мікроконтролер, який здатний забезпечити високотехнологічне та економічне рішення для багатьох

									Арк. 21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>DE351.461552.001</b>				

вбудованих програм керування. Він підтримується повним набором інструментів для розробки програм і систем, включаючи: компілятори С, асемблери макросів, відладчики програм / симулятори, емулятори в схемі та комплекти оцінювання.

### Датчик руху HC-SR501

Для контролю за появою об'єктів в зоні роботи системи, пропонується використання інфрачервоного датчика руху, який виявляє об'єкти що випромінюють тепло, а саме HC-SR501 (DSN-FIR800). Рис. 2.8.

Принцип роботи датчика заключається у генерації електричного поля при опроміненні матеріалу інфрачервоними променями. Над інфрачервоним сенсором 500 ВР встановлена лінза Френеля, яка необхідні для збільшення радіусу контролю і підсилення вхідного сигналу [14]. Режим роботи задається перемичкою (режим Н або режим L).

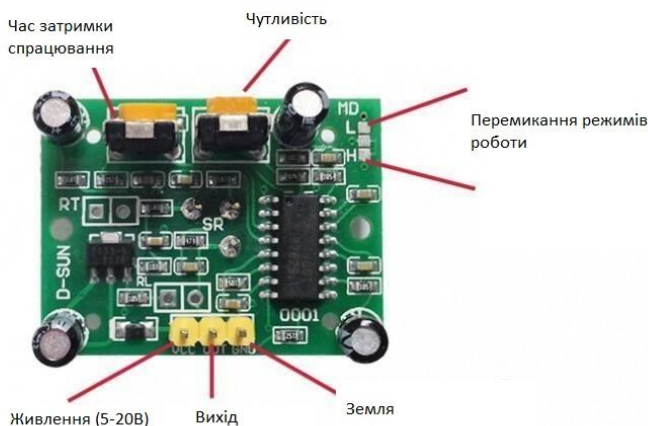


Рис. 2.8 – Датчик руху HC-SR501

HC-SR501 має два режими роботи Н та L.

Режим Н, характеризується червоною перемичкою. При надходженні сигналу декілька разів поспіль на виході встановлюється високий логічний рівень

Режим L, жовта перемичка. При кожному спрацюванні датчика на виході з'являється окремий імпульс.

Основні характеристики HC-SR501

								Арк. 22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>DE351.461552.001</i>			

Колір: білий зелений

Розміри: 3,2 см x 2,4 см x 1,8 см

Робоча напруга: DC 4.5 V-20V

Струм: <60 mA

Вихідна напруга: високий / низький рівень сигналу: 3,3 В вихід TTL

Дальність виявлення: 3 — 7м (можна регулювати)

Дальність виявлення: <140 °

Час затримки: 5-200S (може бути скоригована, за замовчуванням 5 з - 3%)

### Датчик колірної температури і освітленості TCS320



Рис. 2.9 – Датчик колірної температури і освітленості TCS3200

До складу TCS3200 входять 64 фотодіоди. 16 з них не мають покриття кольоровими фільтрами, всі інші затінені по 16 фотодіодів синім, зеленим і червоним світлофільтрами [15]. В результаті такого покриття датчик може заміряти кожен RGB-колір окремо. Приклад датчика зображений на Рис. 2.9.

Плата з таким датчиком може працювати не лише з системами, напруга яких 5В а й з 3,3 вольтовими платами, оскільки в ній міститься стабілізатор напруги.

Напруга живлення від 2,7 до 5,5 В

Споживання струму активного елементу від джерела – 2 мА

### Драйвер HV9961

Для побудови джерел струму потужних світлодіодів використовуються мікросхеми ШІМ-контролери Supertex HV9961.

					<i>ДЕз51.461552.001</i>	Арк. 23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Драйвер HV9961 являє собою мікросхему для світлодіодів, що забезпечує регулювання по середньому струму і функціонує у режимі з постійною тривалістю вимкненого стану частоти перетворення. Точність регулювання вихідного світлодіодного струму становить  $\pm 3\%$ .

У мікросхемі передбачений компаратор для обмеження струму і захисту від короткого замикання по виходу з підтримкою переривчастого режиму «hiccup».

Живлення драйвера HV9961 може здійснюватися від джерела постійної напруги 8,0-450 В [16].

Передбачений вхід ШІМ-регулятора, через який здійснюється зовнішнє управління TTL-сумісним сигналом.

Вихідний струм можна програмувати за внутрішньою опорною напругою 275 мВ або регулювати за допомогою зовнішніх пристроїв через вхід ШІМ-регулятора 0-1, 5 В.

Резистор R2 задає частоту перемикавання (точніше, час паузи), R3, R4 – струм на світлодіоді.

### **Світлодіоди**

Одним із відомих виробників світлодіодів є американська компанія CREE. Розроблені нею пристрої сімейства XLamp мають високий рівень ефективності та економічності, за рахунок якого на їх основі можна створювати досить економічні освітлювальні прилади. Світлодіод XM-L є потужним і важливим винаходом, оскільки його яскравість досягає до 1000 люмен при струмі 3А.

					<i>ДЕЗ51.461552.001</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

### 2.3. Створення структурної схеми

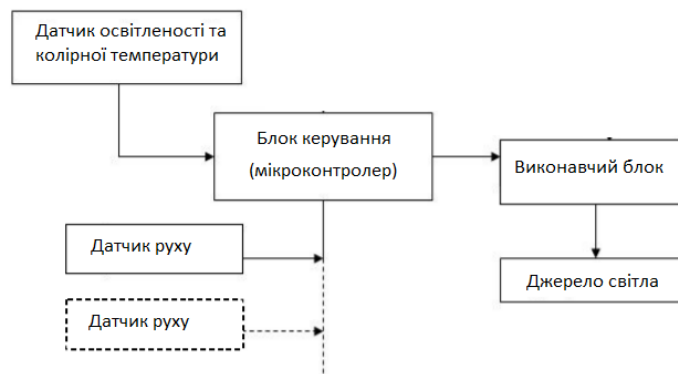


Рис. 2.10 Структурна схема АСКО

Структурна схема проектованої системи зображена на Рис. 2.10. Структурна схема АСКО її основою є блок керування на базі мікроконтролера ATmega16L-8PU.

Мікроконтролер надає можливість обробляти інформацію, що надходить з датчиків та порівнювати її з необхідним рівнем освітленості встановленим користувачем. Після, забезпечує регулювання параметрів світла до потрібних.

Виконати керування струмом для джерела освітлення дозволяє світлодіодний драйвер HV9961. Стабілізація для його роботи відбувається незалежно від коливань напруги чи зміни температури.

Датчиком освітленості та колірної температури служить мікросхема TCS3200.

В якості детектора руху служить інфрачервоний сенсор, який містить в собі три елемента [17]:

Перший – оптична система, за рахунок якої формується діаграма спрямованості датчика і визначаються параметри чутливості.

Другий – піроелектричний сенсор, який реєструє теплове випромінювання людини;

Третій – формує сигнали, які виникають в моменти руху людини. Коли людина потрапляє в зону чутливості, промінь піроелемента зазнає змін. Відповідно до них, на виході датчика виникають сигнали, які надходять до



мікроконтролера. Для підвищення чутливості таких датчиків руху їх зазвичай поєднують з лінзою Френеля.

#### **2.4. Розробка та опис схеми електричної принципової**

Схема електрична принципова базується на схемі електричній структурній. Вона включає в себе основні блоки, що були описані раніше:

XS1 – роз'єм для підключення мережі 220В.

##### **Джерело живлення:**

Відповідає схемі за посиланням. Складається з трансформатору, випрямляючого мосту та фільтрів. Для забезпечення роботи мікроконтролера включає в себе стабілізатор напруги 5В.

##### **Мікроконтролер: ATmega16L-8PU**

Через порт PA7 МК заведений до джерела живлення

Контакт PA5 МК підключений до детектору руху BISS0001, який використовує для роботи пасивний інфрачервоний сенсор.

##### **Драйвер: HV9961**

Через порти вводу/виводу PA1, PA3, PA4 та PB1 відбувається з'єднання з драйвером. Він виконує керування над джерелом освітлення за допомогою ШИМ- сигналу.

Комутація відбувається за допомогою понижуючого конвертера напруги на елементах VD6, L2, C19.

Вихідний світлодіод під'єднується до роз'єму XS2.

#### **Висновки**

Відповідно до аналізу блоків керування та комутації освітленням при розробці приладу варто керуватися наступним. Використання мікроконтролерів значно підвищує функціонал систем з датчиками, оскільки дозволяє керувати яскравістю освітлення. Для збільшення сфер застосування приладу варто використати комутуючі ключі. Це розширить межі використання модуля «розумного» освітлення залежно від потужності джерела світла.

									Арк. 26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>DE351.461552.001</b>				

При виконанні структурного проектування, розглянуто основні функціональні модулі приладу, визначено схемотехнічне наповнення. Розроблена схема електрична принципова, що дозволяє спроектувати друковану плату, для втілення конструкторського рішення.

					<i>ДЕЗ51.461552.001</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

### 3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

#### 3.1. Алгоритми роботи автономної системи освітлення

Робота АСКО, як і багатьох інших систем зі схожим призначенням починається з тестування приладу (вмикання-вимикання) та визначення порогових значень для встановлення подальшої реакції на зовнішні чинники, які входять до системи автоматичного керування. Наступним іде цикл в якому відбувається зчитування інформації зі встановлених датчика. Якщо рівень природного освітлення низький, тобто, на вулиці темно і до датчиків руху та акустики надходять сигнали лампа вмикається. Для мінімізації частоти вмикання-вимикання лампи використовується «час післясвітіння».

З метою визначення оптимального рішення для виготовлення пристрою розглянемо повний алгоритм роботи АСКО, зображений на Рис. 3.1 та полегшений Рис. 3.2.

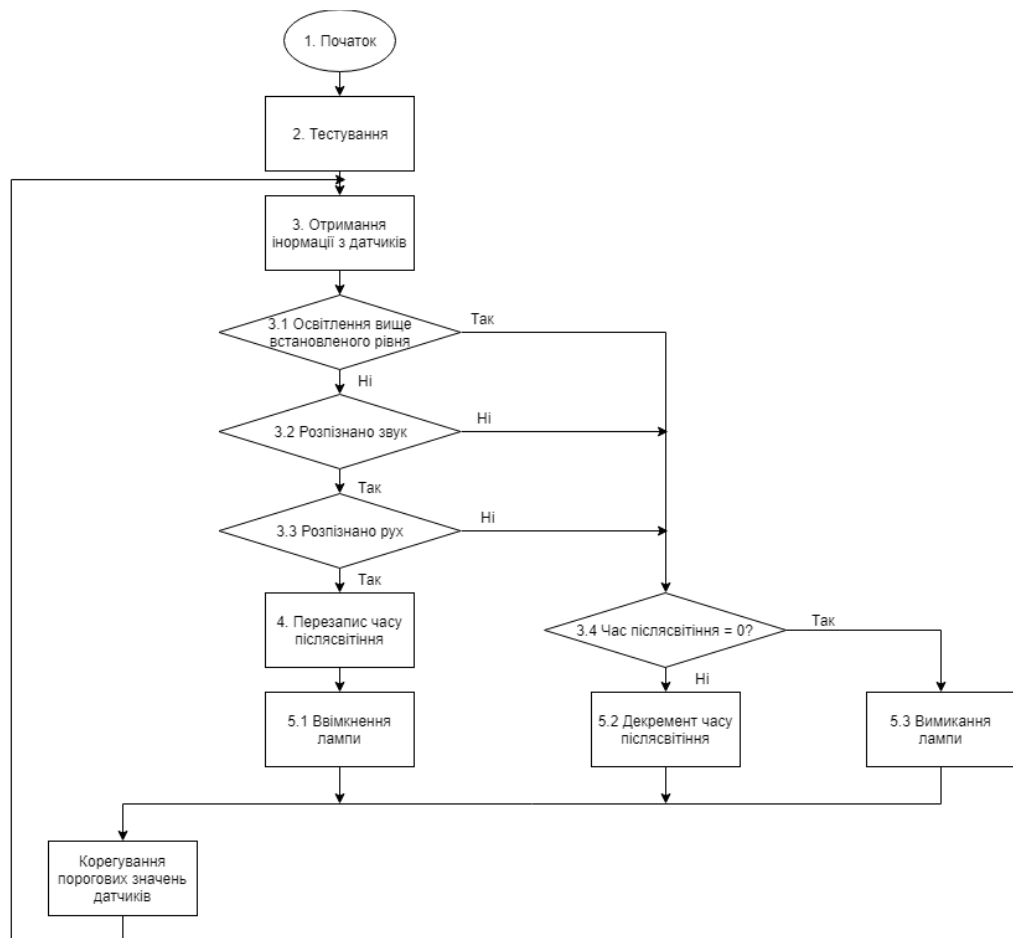


Рис. 3.1 – Повний алгоритм роботи АСКО

Оптичний датчик має розрізняти світіння від власної лампи АСКО та природне. Його найважливішими елементами є фототранзистор, фоторезистор та фотодіод у поєднанні з операційним підсилювачем (ОП). В ролі пристрою керування виступає МК.

Акустичний датчик складається з мікрофону та ОП. Полоса чутливості з знаходиться в межах чутності людини.

Датчик руху складається з піроелектричного датчика та лінзи Френеля. Він реагує на зміну розташування джерел інфрачервоного випромінювання у просторі.

Керуючий мікроконтролер повинен мати наступний функціонал: вбудований таймер, 3 канала АЦП, додаткові порти входів/виходів, наявність EEPROM. Для зберігання порогових значень необхідно використати програмований запам'ятовуючий постійний пристрій.

В якості ключового елемента можна взяти швидкодіюче електромеханічне реле зі схемою контролю короткого замикання (КЗ) і захисту від нього. Воно стійке до короткочасних КЗ та запобігає падінню напруги.

Для живлення можна взяти імпульсний або лінійний блок, основними вимогами до якого є подання на схему стабільної напруги та забезпечення високим ККД [18].

При роботі такого алгоритму, важливості набувають енергоспоживання, правильність роботи, точне спрацювання при появі людини, відсутність помилкових спрацювань.

Для порівняння розглянемо полегшений алгоритм роботи АСКО, який відрізняється більш економічною реалізацією, виконуючи ті ж функції, що і повний, але з певними втратами та неточностями.

									Арк. 29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ДЕЗ51.461552.001</i>				

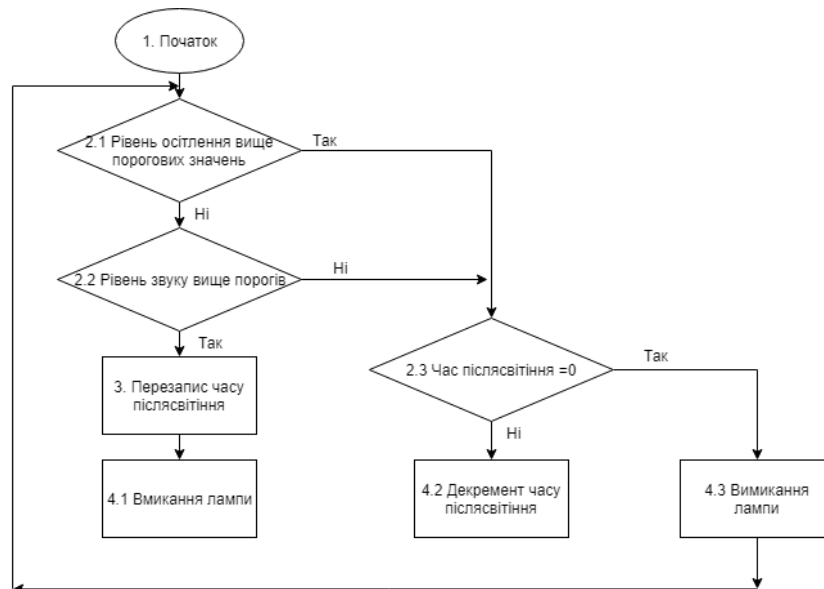


Рис. 3.2 – Полегшений алгоритм роботи АСКО

Для максимального зменшення вартості блок живлення виготовляється на основі резистору, діоду та конденсатору. Але при цьому ККД буде 2,5%. При власному струмі живлення 1 мА загальна потужність складатиме 0,2 Вт.

Замість мікроконтролера застосовуються різні логічні елементи. Реле в якості ключового елемента змінюється на тиристор або польовий транзистор, для керування яким майже не потрібен струм.

Датчик руху разом з лінзою Френеля займає багато місця тому її виключають зі схеми. Акустичний та оптичний датчики залишаються незмінними.

Для подальшого спрощення АСКО розділимо всі типи систем керування на основні групи згідно типу використаних ламп – лампи накаливання, люмінесцентні лампи та світлодіодні.

Споживана потужність ламп накаливання починається з 60 Вт, відповідно використання АСКО вигідніше. Однак іноді вони перегорають з утворенням КЗ.

Люмінесцентні лампи, мають середнє споживання потужності 10-20 Вт. Їх постійне вмикання та вимикання може призвести до поломки. КЗ майже не викликають. Мають високу вхідну ємністю або індуктивністю.

Світлодіодні лампи, споживають невелику кількість потужності, до 20 Вт. Періодично можна вмикати-вимикати. КЗ практично не утворюють.

### 3.2. Автономної системи освітлення з використанням нечіткої логіки

З попередніх пунктів бачимо, що є безліч сценаріїв та методів для керування освітленням: за допомогою телефона і вбудованого в систему Bluetooth – модуля, віддалено з використанням IP-адрес «розумних» ламп, використовувати керування голосом, або налаштувати прилад на автоматичну роботу. Із застосуванням останнього методу можуть виникнути певні проблеми, оскільки для коректної роботи, система має максимально точно сприймати навколишні події і мати для них конкретні рішення.

Забезпечити правильність роботи повністю автоматизованих систем можна шляхом застосування правил нечіткої логіки. Нечітка логіка досить легка у керуванні, оскільки в її основі лежить попередній досвід роботи зі схожими освітлювальними процесами та установками, всі їх особливості та вихідні дані.

Комбінації нечіткої логіки створюються на базі загальноприйнятих логічних операторів AND, OR і NOT та  $\mu(A)$  – степінь істинності [19].

Оператор перетину AND: результатом комбінації 0 AND 1 буде 0. Степінь істинності припущення «A AND B» є мінімальна степінь істинності припущень A і B:  $\mu(A \text{ AND } B) = \text{MIN}(\mu(A), \mu(B))$ .

Наприклад:

«Низький рівень природного світла» істинно на 0,6. «Низький рівень штучного світла» істинно на 0,3.

Твердження «Низький рівень природного світла» AND «Низький рівень штучного світла» істинно на  $0,3 = \text{MIN}(0,6; 0,3)$ .

Оператор об'єднання множин OR: результат 0 OR 1 буде 1. Степінь істинності припущення «A OR B» є максимальна степінь істинності припущень A і B:  $\mu(A \text{ OR } B) = \text{MAX}(\mu(A), \mu(B))$ .

«Низький рівень природного світла» істинно на 0,6. «Низький рівень штучного світла» істинно на 0,3.

Твердження «Низький рівень природного світла» OR «Низький рівень штучного світла» істинно на  $0,6 = \text{MAX}(0,6; 0,3)$ .

Оператор заперечення NOT, як і в класичній логіці  $\text{NOT}(0) = 1$ ,  $\text{NOT}(1) = 0$ .  $\mu(\text{NOT}(A)) = 1 - \mu(A)$ .

«Низький рівень природного світла» істинно на 0,6.

Твердження NOT «Низький рівень природного світла» можна записати як «Рівень природного світла не низький» істинно на 0,4.

З приведених тверджень бачимо, що на основі попередніх висновків формуються правила для подальшого використання. Бази правил нечіткої логіки, ґрунтуються на базі знань побудованої на основі людського досвіду

Для прикладу розглянемо наступний процес: IF «твердження» THEN «результат». IF «низький рівень природного світла» AND «людина в контролюємо приміщенні» THEN «Вмикання приладів освітлення».

Одним із найуживаніших методів нечіткої логіки є механізм Мамдані, який обробляє лише неточності. Тобто, в таких процес результатом є об'єднання оператором AND, OR не використовується, оскільки вносить неоднозначність в правило і викликає необхідність додаткових досліджень.

Отже, використання правил нечіткої логіки полегшує управління системами, та робить можливим керування при недоступності традиційних методів. На формування правил нечіткої логіки впливає життєвий досвід операторів та розробників.

Тому, при аналізі існуючих даних та формуванні нових правил, потрібно бути максимально уважним, оскільки мінімальні погрішності можуть викликати серйозні поломки. В зв'язку з чим цей важливий етап розробки системи повинен виконуватися вручну з особливою ретельністю.

1. Було розглянуто різні методи реалізації АСКО, вимоги які виставляються до таких систем, їх переваги та недоліки.

Встановлено, що системи керування освітленням надають

									Арк. 32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ДЕЗ51.461552.001</b>				

можливість вводити зручні для користувача налаштування яскравості та світіння, а також керувати не лише з приміщення в якому АСКО встановлена, а і віддалено. Крім того, використання таких систем забезпечує нижчий рівень витрачання електроенергії.

2. Був проведений аналіз існуючих світлодіодних ламп, їх функцій, та співвідношення ціна – якість.
3. Визначено основні компоненти необхідні для реалізації АСКО, датчики для контролю за природним рівнем освітлення та перебування людини в приміщенні.
4. Перелічені основні схеми ввімкнення різноманітних елементів керування освітленням.

### **Висновки**

У розділі зроблено аналіз основних алгоритмів роботи систем розумного освітлення. Відповідно до них можна створювати програмне забезпечення, що виконує контроль над джерелами освітлення. Контроль виконується базуючись на системах детектування навколишнього освітлення та руху. Розглянуто методи використання нечіткої логіки, як спосіб отримання інформації з датчиків.

						Арк. 33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ДЕЗ51.461552.001</i>	



## 4. РОЗРАХУНКИ

Аналізуючи принципову схему АСКО робимо висновок, що джерело живлення мікроконтролерного блоку живить три незалежні під блоки:

- підблок мікроконтролерного блоку управління автоматичної системи управління освітленням;
- підблок схеми включення датчика руху;
- підблок - датчик колірної температури і освітленості TCS320;

Для принципової схеми необхідно провести розрахунок потужності яку споживає мікроконтролерний блок автоматичної системи управління освітленням і провести вибір і розрахунок джерела живлення.

### 4.1. Розрахунок потужності споживаної мікроконтролерним блоком

ДОН серії LM4040 випускаються з різним класом точності, для даного застосування клас точності 1%, відхилення стабілізованої напруги дорівнює 1% , тому

$$U_{ст} = 5 + 0,05 = 5,05 \text{ В,}$$

Мінімальний струм, необхідний для роботи LM4040, відповідно до його опису, становить:

$$I_{min} = 0,1 \text{ мА}$$

Максимальний струм, необхідний для роботи LM4040, відповідно до його описом, становить

$$I_{max} = 15 \text{ мА}$$

Розраховуємо максимальну потужність споживання за формулою (1)

$$P_{м} = U_{ст} \cdot I_{max}, \quad (1)$$

$$P_{м} = 5,05 \cdot 15 = 75,75 \text{ мВт} \approx 76 \text{ мВт}$$

Використання, для живлення мікроконтролерного блоку АСКО, інтегрального джерела опорної напруги встановлює величину напруги живлення блоку:

$$U_{ж} = 5 \pm 0,05 = 4,95 \div 5,05 \text{ В}$$

									Арк. 34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ДЕЗ51.461552.001</b>				

Потужність яку споживає мікроконтролер від джерела живлення визначається сумарною середньою потужністю, яку споживає кожний активний елемент, що входить до схеми мікропроцесорної системи.

$$P_{max} = \sum_{i=1}^n U_{ж} I_{max}, \quad (2)$$

де  $U_{ж}$  – напруга живлення;

$n$  – число елементів;

$I_{max}$  – максимальний струм, який споживається пристроєм.

Таблиця 2 – Електричні параметри елементів схеми

Елементи пристрою	Кількість елементів	Робоча напруга	Споживання струму активного елемента від джерела $I_{max}$ (mA)
Мікроконтролер			
МК Atmega16L-8PU	1	5	200mA
Опори			
Елементи пристрою	Кількість елементів	Номінал	Споживана потужність резистора
R1	1	74кОм	1Вт
R2	1	620кОм	0,5Вт
R3	1	9,1кОм	0,5Вт
R4	1	10кОм	0,5Вт

Розраховуємо максимальну потужність споживання за формулою (2):

$$P_{max} = 5 \cdot 200 + 1000 + 3 \cdot 500 = 3500 \text{ мВт}$$

Максимальний струм навантаження розраховуємо за формулою (3):

$$I_{max.n} = \frac{P_A}{U_{ж}} \quad (3)$$

$$I_{max.n} = \frac{3500 \text{ мВт}}{5\text{В}} = 700 \text{ mA}$$

## 4.2. Розрахунок потужності споживаної датчиками

Таблиця 3 – Електричні параметри елементів схеми блоку схеми включення датчика руху

Елементи пристрою	Кількість елементів	Робоча напруга	Споживання струму активного елемента від джерела $I_{max}$ (mA)
Інфрачервоний датчик руху			
HC-SR501	1	5В	60мА

Розраховуємо максимальну потужність споживання за формулою (2)

$$P_{max} = 5 \cdot 60 = 300 \text{ мВт}$$

Розрахунок потужності споживаної датчиком колірної температури і освітленості TCS32

Таблиця 4 – Електричні параметри елементів схеми датчика колірної температури і освітленості TCS320

Елементи пристрою	Кількість елементів	Робоча напруга	Споживання струму активного елемента від джерела $I_{max}$ (mA)
Датчик колірної температури і освітленості			
TCS320	1	5В	2мА

Розраховуємо максимальну потужність споживання за формулою (2):

$$P_{max} = 5 \cdot 2 = 10 \text{ мВт}$$

Таблиця 5 – Електричні параметри елементів схеми

Блоки	Максимальна потужність споживання
Джерело опорної напруги	76 мВт
Мікроконтролерний блок управління	3500 мВт
Схема включення датчика руху	300 мВт
Датчик колірної температури і освітленості TCS320	10 мВт
Всього:	3886 мВт

Розрахуємо максимальний струм навантаження за формулою (3):

$$I_{\max.н} = \frac{3886 \text{ мВт}}{5\text{В}} = 777,2 \text{ мА}$$

### Вибір трансформатору

Вибір трансформатору проводиться за розрахунком діючого значення струму і напруги вторинній обмотки трансформатору  $I_2$  і  $U_2$

Мінімальну напругу на виході випрямляча визначимо за формулою (4):

$$U_d = U_H + U_{CTmin}, \quad (4)$$

де  $U_d$  – напруга на виході випрямляча;

$U_{CTmin}$  – мінімальне падіння напруги між 1-3 виводами мікросхеми стабілізатора складає 2,5В;

$U_H$  – напруга для живлення мікропроцесорної системи складає 5В

$$U_d = 5 + 2,5 = 7,5\text{В}$$

Мінімальне значення діючої напруги вторинній обмотці трансформатору визначається за формулою (5):

$$U_2 = \frac{U_d}{K_{CX}}, \quad (5)$$

де  $U_2$  – напруга на вторинній обмотці трансформатору, В;

$K_{CX}$  – коефіцієнт мостової схеми випрямлення  $K_{CX} = 0,9$ .

$$U_2 = \frac{7,5}{0,9} = 8,3\text{В}$$

Розрахуємо необхідну напругу на вторинній обмотці трансформатора враховуючи можливе зниження напруги мережі 10% за формулою (6):

$$U_{2\text{потр}} = \frac{U_2}{K_{Cmin}}, \quad (6)$$

де  $U_{2\text{потр}}$  – напруга яка потрібна на вторинній обмотці трансформатору, В;

$K_{Cmin}$  – коефіцієнт зниження напруги мережі,  $K_{Cmin} = 0,9$

$$U_{2\text{потр}} = \frac{8,3}{0,9} = 9,26 \approx 9,3 \text{ В}$$

Максимальний струм навантаження

$$I_{\max,н} = 777,2 \text{ мА}$$

При цьому максимальний струм на виході випрямляча, розрахуємо за формулою (7):

$$I_{\text{вmax}} = \frac{I_{\max,н}}{K_{\text{Iст}}}, \quad (7)$$

де  $I_{\text{вmax}}$  – максимальний струм на виході випрямляча, А;

$K_{\text{Iст}}$  – коефіцієнт який ураховує струм допоміжних ланок стабілізатору,  $K_{\text{Iст}} = 0,95$

$$I_{\text{вmax}} = \frac{777,2}{0,95} = 818,1 \text{ мА}$$

Діюче значення струму вторинної обмотки трансформатору розрахуємо за формулою (8)

$$I_2 = I_{\text{вmax}} + K_1, \quad (8)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт використання вторинної обмотки трансформатору за струмом. Для мостової схеми випрямлення  $K_1 = 1,11$ .

$$I_2 = 818,1 \cdot 1,11 = 908,1 \text{ мА}$$

Визначимо максимальну активну потужність, яку споживає трансформатор за формулою (9):

$$P_{\text{Аmax}} = I_{\text{вmax}} \cdot U_{\text{н}}, \quad (9)$$

$$P_{\text{Аmax}} = 908,1 \text{ мА} \cdot 5\text{В} = 4540,5 \text{ мВт}$$

Повну потужність трансформатору визначимо з формули (10):

$$P_{\text{Пmax}} = P_{\text{Тmax}} \cdot K_{\text{р}}, \quad (10)$$

Де  $P_{\text{Тmax}}$  – максимальна активна потужність, яка буде споживана від трансформатору, Вт;

$K_{\text{р}}$  – коефіцієнт перевищення потужності від трансформатору для мостової схеми випрямлення  $K_{\text{р}} = 1,11$ .

$$P_{\text{Пmax}} = 4540,5 \cdot 1,11 = 5039,9 \text{ мВт}$$

					<b>ДЕЗ51.461552.001</b>	Арк. 38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

По визначеним  $U_{2\text{потр}}$   $I_2$   $P_{\text{Пmax}}$  вибираємо трансформатор із довідника (3), розділ 6, сторінка 277.

Трансформатор повинен відповідати умовам:

$$U_{2\text{потр}} \cdot K_3 \leq U_{\text{обм}} \leq U_{2\text{потр}} \cdot K_3$$

Де  $U_{\text{обм}}$  – діюче значення вторинної обмотки трансформатору, В;

$K_3$  – коефіцієнт запасу, (1,2...1,4).

$$I_2 \leq I_{2\text{обр}} \leq 1,1 \cdot I_2$$

$$P_{\text{Пmax}} \leq P_{\text{П2обр}} \leq 1,1 \cdot P_{\text{Пmax}}$$

$$U_{2\text{потр}} \cdot K_3 = 9,3 \cdot (1,2 \div 1,4) = (11,1 \div 13,1)\text{В}$$

$$1,1 \cdot U_{2\text{потр}} \cdot K_3 = 1,1 \cdot 9,3 \cdot (1,2 \div 1,4) = (12,3 \div 14,3)\text{В}$$

$$I_2 = 908,1 \text{ мА}$$

$$1,2 \cdot I_2 = 1089,72 \text{ мА}$$

Приймаємо:  $(11,1 \div 13,1)\text{В} \leq U_{2\text{обр}} = 11,5\text{В} \leq (12,3 \div 14,3)\text{В}$ ,

$$835,7 \text{ мА} \leq I_{2\text{обр}} = 1,06\text{А} \leq 1089,72 \text{ мА}$$

$$U_{2\text{обр}} = 11,5 \text{ В}$$

Параметри трансформатору, який вибрано, зведено у таблицю 6

Таблиця 6 – Параметри трансформатору

Номінал	Розмір Магніто- проводу	Обмотка первинна			Обмотка вторинна		
		Вивод и	Напруг а,В	Струм, А	Виводи	Напруг а,В	Струм, А
Т-3-220-50	ШЛМ-20x32	1 і 4	220	0,26	7 і 8	11,5	1,06

### Розрахунок випрямляча

Розрахунок випрямляча починається з визначення максимально середнього струму крізь вентель  $I_a$  і максимально можливої зворотної напруги вентилів  $U_{зв}$ .

Середнє значення анодного струму вентилів випрямляча мостової схеми визначається з умов максимального навантаження, за формулою (11):

$$I_a = \frac{I_{d\text{max}}}{2}, \quad (11)$$

$$I_a = \frac{777,2}{2} = 388,6 \text{ мА}$$

Максимальна напруга вторинної обмотки трансформатору визначається з умови можливого перевищення напруги мережі за формулою (12):

$$U_{2max} = U_{2обр} \cdot K_{Cmax}, \quad (12)$$

де  $K_{Cmax}$  – коефіцієнт перевищення напруги мережі,  $K_{Cmax} = 1,1$

$$U_{2max} = 11,5\text{В} \cdot 1,1 = 12,65\text{В}$$

Максимальне значення зворотної напруги, яка прикладається до вентилів, визначимо за формулою (13):

$$U_{зв} = 1,57 \cdot U_{2max} \cdot K_{зн}, \quad (13)$$

де  $K_{зн}$  – коефіцієнт запасу по напрузі для діодів,  $K_{зн} = (1 \dots 2)$

$U_{2max}$  – максимальне значення вторинної обмотки трансформатору.

$$U_{зв} = 1,57 \cdot 12,65 \cdot (1 \div 2) = 19,8 \div 39,7 \text{ В}$$

Вибір діодів випрямляча проводиться за значенням:

$$I_{ОБР} \geq I_a \quad ; \quad U_{ОБР} \geq U_{зв}$$

$$I_{ОБР} \geq I_a = 376,45 \text{ мА}$$

$$U_{ОБР} \geq U_{зв} = 19,8 \div 39,7 \text{ В}$$

Із довідника [20] обираємо діоди Д244 для випрямляча VD1-VD4 з параметрами:

$$I_{ОБР} = 10 \text{ А} \geq I_a = 388,6 \text{ мА}$$

$$U_{ОБР} = 50 \text{ В} \geq U_{зв} = 19,8 \div 39,7 \text{ В}$$

### Фільтр

На виході схеми випрямлення отримаємо пульсуючу напругу, в яку входять постійні і змінні складові.

Схема С-фільтра буде використана для згладжування отриманих пульсацій.

					<b>ДЕЗ51.461552.001</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Ємність конденсатора С1 становить 1000 мкФ на 1А струму навантаження.

Згладжування перехідних процесів відбувається за рахунок конденсатора С4. Його ємність на 1А струму навантаження має складати 100 мкФ.

Під впливом монтажною ємності та індуктивності може відбутися стрибок вхідної напруги. Для генерації цього процесу використовується конденсатор С2.

Для уникнення перехідних імпульсів застосовується конденсатор С3. Ємність двох останніх конденсаторів має бути від 0.1 до 1 мкФ

Враховуючи, що максимальний струм навантаження 715,25 мА оберемо конденсатори з наступними ємностями показаними в таблиці 7.

Таблиця 7 – Таблиця ємностей

Позначення	Пропонована ємність	Ємність за ДСТУ
С1	777 мкФ	820 мкФ
С2	0,5 мкФ	0,51 мкФ
С3	0,5 мкФ	0,51 мкФ
С4	77,7 мкФ	68 мкФ

### 4.3. Розрахунки потужності блоку освітлення

З аналізу принципової схеми зрозуміло, що блок живлення RGB світлодіодів має незалежне від схеми керування живлення.

Живлення драйвера HV9961 може здійснюватися від джерела постійної напруги 8,0-450 В.

Це означає що джерело живлення, для запропонованого блоку живлення RGB світлодіодів, при живленні від мережі 220 В являє собою випрямляч з фільтром.

Оскільки на схемі не вказано які саме світлодіоди і скільки їх використовуються – визначимося що підключено 1 світлодіод XM-L, з граничними параметрами.



Відомо, що для світлодіодів замість напруги живлення беруть значення падіння напруги, що в свою чергу характеризує величину напруги на виході світлодіода при проходженні через нього номінального струму. Володіючи цими даними, можна знайти залишкову напругу на кристалі, яка і буде враховуватись при розрахунках.

Визначити напругу можна за кольором світіння приладів. Наприклад, для синіх, зелених і білих кристалів напруга становить близько 3В, для жовтих і червоних – від 1,8 до 2,4 В.

Потужність яку споживає блок живлення RGB світлодіодів від джерела живлення визначається сумарною середньою потужністю, яку споживає кожний активний елемент, який входить до схеми блоку.

$$P_{max} = \sum_{i=1}^n U_{ж} I_{max} \quad ,$$

де  $U_{ж}$  – напруга живлення;

$n$  – число елементів;

$I_{max}$  – максимальний струм, який споживається пристроєм.

Таблиця 8 – Електричні параметри елементів схеми

Драйвер для світлодіодів				
Елементи пристрою	Кількість елементів	Тривала потужність розсіювання (ТА = +25 °С)		Сумарна потужність
HV9961 Мікросхема в 8- вивідному корпусі типу SO	3	650мВт		1,95Вт
Транзистор MOSFET				
Елементи пристрою	Кількість елементів	Максимальна потужність, що розсіюється		Сумарна потужність
IRFRC20-NO	3	42Вт		126Вт
Опори				
Елементи пристрою	Кількість елементів	Номінал	Споживана потужність резистора	Сумарна потужність
R3	3	10МОм	0,5Вт	1,5Вт
R4	3	2,7Ом	0,5Вт	1,5Вт

Діод супершвидкісний					
Елементи пристрою	Кількість елементів	Гранична пряма напруга	Середній прямий струм	Споживана потужність	Сумарна потужність
SF28	3	0,95÷1,70 В	2А	3,4Вт	10,2Вт
Світлодіоди					
HL1- HL3	3	2,4÷3,0 В	2А	2Вт	6Вт
Дросель					
Елементи пристрою	Кількість елементів	Номинальна потужність		Сумарна потужність	
L1 Індуктивність 3,96mH AL0410 1/2W	3	0,5Вт		1,5Вт	
Всього:				153,15 Вт	

Розраховуємо максимальну потужність споживання за формулою (2):

$$P_{max} 3 \cdot 0,65 + 3 \cdot 42 + 3 \cdot 1,15 + 3 \cdot 1,7 \cdot 2 + 3 \cdot 2 = 153,15 \text{ Вт}$$

#### Розрахунок випрямляча

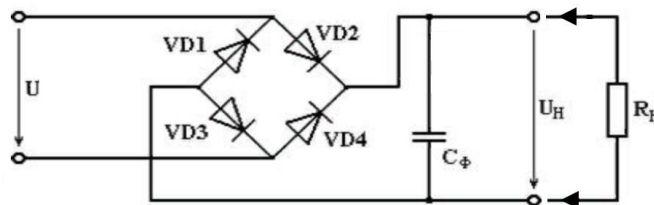


Рис. 4.1 – Схема двох напівперіодного мостового випрямляча з емнісним фільтром

За для того щоб розрахувати випрямляч визначимо максимальний середній струм крізь вентиль  $I_a$  і максимально можливу зворотну напругу вентилів  $U_{зв}$ .

Визначимо значення випрямленої напруги  $U_0$  (для мостової схеми ) з формули (14):

$$U_0 = \frac{U_{вх}}{1,11}, \quad (14)$$

$$U_0 = \frac{220 \text{ В}}{1,11} = 198,2 \text{ В}$$

Визначаємо струм навантаження за формулою (15):

$$I_0 = \frac{P_0}{U_0} \quad (15)$$

$$I_0 = \frac{153,15 \text{ Вт}}{198,2 \text{ В}} = 0,77 \text{ А}$$

Максимальне значення зворотної напруги, яке прикладається до вентилів визначається за формулою (16):

$$U_{зв} = 1,57 \cdot U_{вх.мах} \cdot K_{зн} \quad (16)$$

де  $K_{зн}$  – коефіцієнт запасу по напрузі для діодів,  $K_{зн}=(1 \dots 2)$

$U_{вх.мах}$  – максимальне значення вхідної напруги.

Для синусоїдальних струмів

$$U_{вх.мах} = \sqrt{2} \cdot U_{вх} = \sqrt{2} \cdot 220 = 311,1 \text{ В}$$

$$U_{зв} = 1,57 \cdot 311,1 \cdot (1 \div 2) = 488,4 \div 976,9 \text{ В}$$

Для однофазного мостового випрямляча ефективне (діюче) значення прямого струму через вентиль

$$I_{прVD} = 0,785 \cdot I_0 = 0,785 \cdot 0,77 \text{ А} = 0,61 \text{ А}$$

Вибір діодів випрямляча проводиться за значенням по допустимому прямому струму  $I_{пр,доп}$  і амплітудній зворотній напрузі  $U_{зв}$ .

$$I_{прДоп} > I_{прVD}$$

$$U_{звДоп} > U_{звмах}$$

Із довідника [20] обираємо діоди Д234Б для випрямляча VD1-VD4 з параметрами:

$$I_{прДоп} = 5 \text{ А} > I_{прVD} = 0,58 \text{ А}$$

$$U_{звДоп} = 600 \text{ В} > U_{звмах} = 488,4 \text{ В}$$

### Вибір фільтру

На виході схеми випрямлення отримаємо пульсуючу напругу, в яку входять постійні і змінні складові.

					<b>ДЕЗ51.461552.001</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Схема С-фільтра буде використана для згладжування отриманих пульсацій зображена на Рис. 4.2.

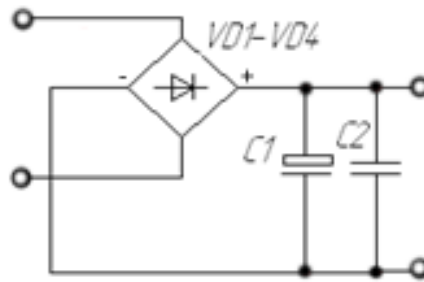


Рис. 4.2 – Принципова схема фільтра

C1 – фільтруючий конденсатор

Визначаємо величину опору навантаження з формули (17):

$$R_H = \frac{U_0^2}{P_0}, \quad (17)$$

$$R_H = \frac{(198,2 \text{ В})^2}{153,15 \text{ Вт}} = 256,5 \text{ Ом}$$

Ємність фільтра знаходимо з а формулою (18):

$$C_\Phi = \frac{1}{2\pi f R_H}, \quad (18)$$

$$C_\Phi = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \text{ Гц} \cdot 256,60 \text{ Ом}} = 12,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

Конденсатор C2 знімає генерацію при стрибкі входної напруги, яка може виникнути у стабілізаторі вслід впливу монтажної ємності і індуктивності з'єднувальних дротів, що складають коливальний контур.

Значення ємність C2 має бути від 0,1 до 1 мкФ

Оберемо конденсатори з наступними ємностями

Таблиця 9 – Значення ємностей

Позначення	Пропонована ємність	Ємність за ДСТУ
C1	124 мкФ	120 мкФ
C2	0,5 мкФ	0,47 мкФ

### **Висновки**

При аналізі схеми електричної принципової досліджено принцип роботи основних елементів пристрою. Для мікроконтролеру, датчику та блоку освітлення розраховано споживану потужність. Розрахунки лягли в основу вибору елементної бази. Отриманні данні свідчать про коректну працездатність приладу та його основних вузлів.

					<i>ДЕЗ51.461552.001</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

## 5. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Розробка пристрою передбачає собою створення друкованої плати. При розробці друкованого вузла було використано спеціальне програмне забезпечення. Воно дозволило промоделювати конструкцію друкованої плати а також створити набір необхідних документів для виготовлення.

Основною вимогою до пристрою, що проектується є використання моноблочною конструкції, що несе у собі перевагу над модульними. Виконання приладу на суцільній платі збільшує простоту виготовлення та ремонтно придатність. Окрім цього надійність зростає, оскільки зменшується кількість роз'ємів, оскільки необхідність у з'єднанні модулів зникає.

### 5.1. Моделювання друкованої плати

Для створення автоматичної системи керування освітленням, принципова схема якого наведено в додатку А, потрібно виготовити друковану плату. Габаритні розміри розробленої плати показано на Рис. 5.1

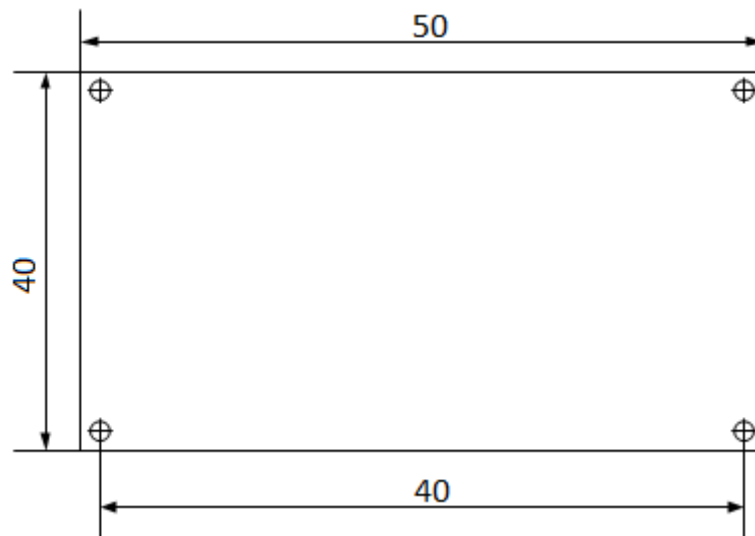


Рис. 5.1 Габаритні розміри плати

Створена плата забезпечить передбачені проектуванням необхідні функції та умови.

Друкована плата буде проектуватися, відповідно до схеми електричної принципової та обраної елементної бази.

На Рис. 5.2 і Рис. 5.3 зображено верхню та нижню сторони плати АСКО.

									Арк. 47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ДЕЗ51.461552.001</b>				

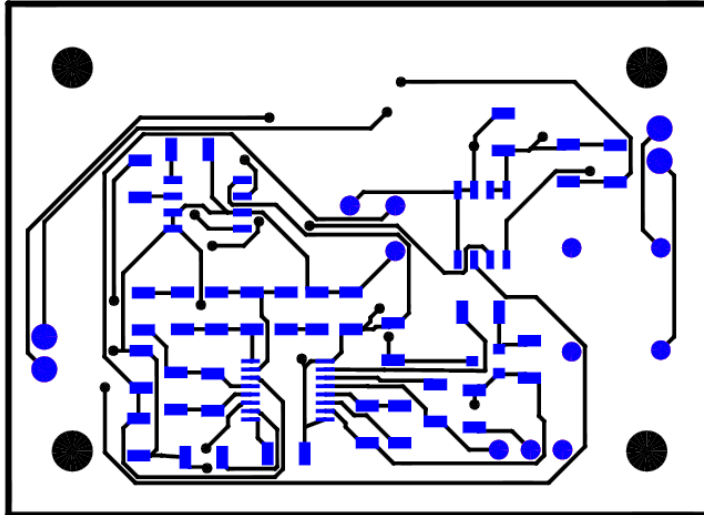


Рис. 5.2 Нижня сторона плати АСКО

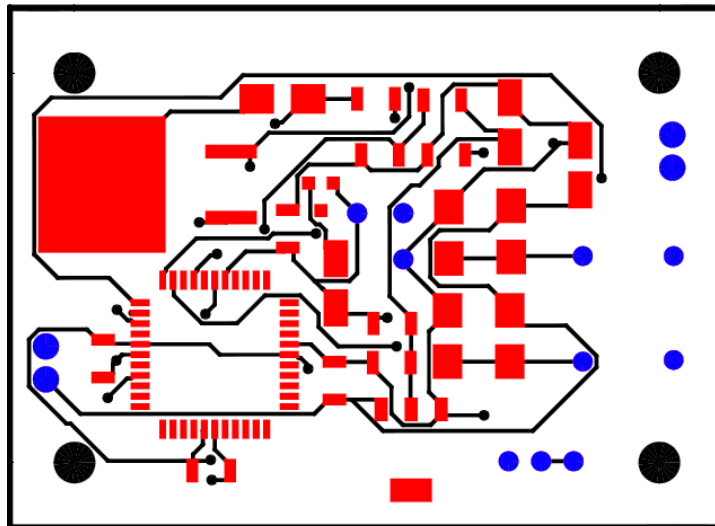


Рис. 5.3 Верхня сторона плати АСКО

Елементи на платі необхідно розміщувати відповідно Рис. 5.4 та специфікації принципової схеми.

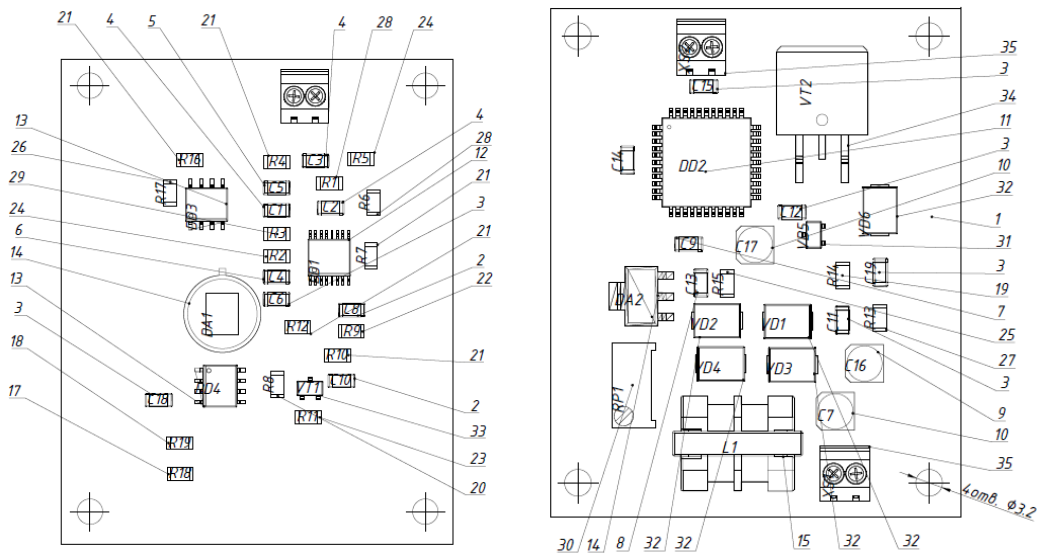


Рис. 5.4 Розміщення елементів на платі

Об'ємне зображення нижньої та верхньої сторін друкованої плати наведено на Рис. 5.5.

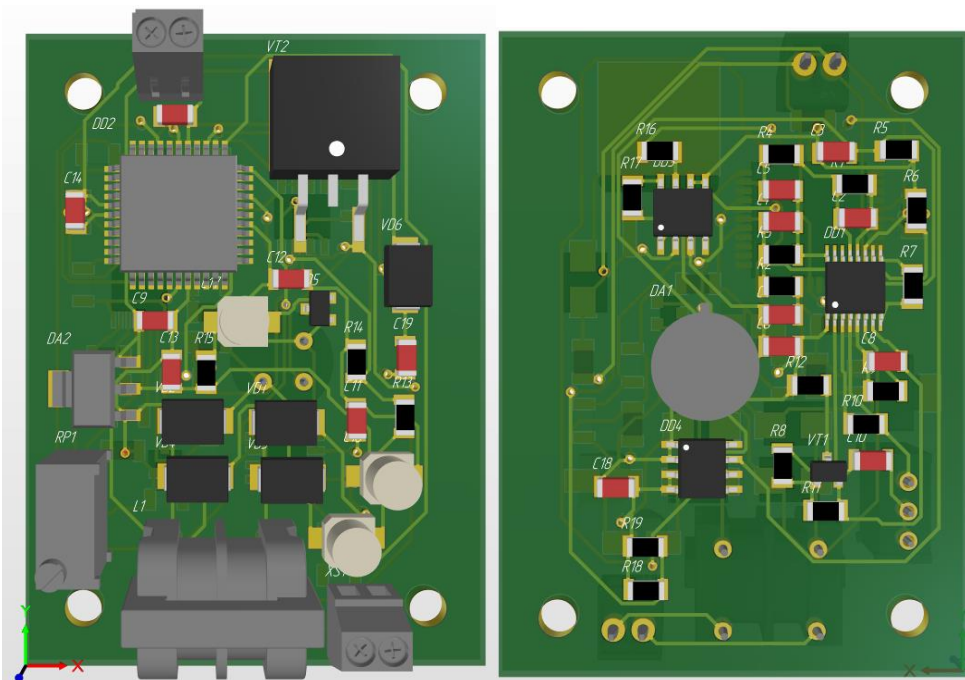


Рис. 5.5 Об'ємне зображення друкованої плати

В результаті проектування було отримано друковану плату. Для неї обрані наступні вимоги при виготовленні. Матеріал для друкованої плати – FR4, метод виготовлення комбінований позитивний, точність друкованого монтажу відповідає 3 класу точності. Такі вимоги виходять із сучасних



тенденцій на виготовлення більшості таких виробів. Окрім цього обрані параметри виготовлення відповідають середнім характеристикам друкованої плати. Використання інших вимог доцільне у випадку, коли до друкованого вузлу висуваються спеціальні технічні вимоги. Вони базуються на схемотехнічному рішенні, умовах використання, складності друкованого монтажу або щільності монтажу. В нашому випадку таких спеціальних вимог немає.

### **Висновки**

Проведено аналіз схемотехнічного рішення та обраної елементної бази. На основі цього створено друковану плату для виробу. Програмне забезпечення дозволило виконати моделювання та визначити вигляд конструкції. Прилад є моноблочним та втілює усі необхідні вимоги на одній друкованій платі.

Окрім цього отримані данні для виготовлення друкованої плати на підприємствах а також створення необхідної конструкторської документації.

					<i>ДЕЗ51.461552.001</i>	Арк. 50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Результатом виконання дипломної роботи стало вирішення поставлених на початку завдань. Отримані результати стануть основою для виготовлення автоматичної системи керування освітленням. При проектуванні приладу були розглянуті наступні етапи:

1. Розглянуто існуючі методи та системи автоматичного керування освітленням і виявлено, що вони можуть бути досить універсальними та практичними. Основною їх перевагою є можливість свободи у виборі функцій. Крім того, аналіз аналогів дозволив висунути основні вимоги до пристрою, а саме необхідність наявності у конструкції пристрою джерела живлення, керування та детектування.

2. Проаналізувавши блоки керування та комутації освітленням визначено, що при розробці приладу варто використовувати мікроконтролер. Він підвищить функціонал систем з датчиками. Для збільшення сфер застосування приладу варто використати комутуючі ключі. Ключі розширяють межі використання модуля залежно від потужності джерела світла.

3. Проведений аналіз алгоритмів роботи систем «розумного» освітлення буде покладено в розробку програмного забезпечення. Контроль виконується базуючись на системах детектування навколишнього освітлення та руху.

4. На основі аналізу схемотехнічного рішення та обраної елементної бази створено друковану плату для виробу. Програмне забезпечення дозволило виконати моделювання та оцінити конструкторське рішення. Прилад є моноблочним та втілює усі необхідні вимоги на одній друкованій платі.

Окрім цього отримані данні для виготовлення друкованої плати на підприємствах а також створення необхідної конструкторської документації. Отримані результати свідчать про повноту виконаного завдання.

									Арк. 51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ДЕЗ51.461552.001</b>				

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.
2. ДСТУ 2.702:2013 Єдина система конструкторської документації. Правила виконання електричних схем. – Київ: «УкрНДНЦ», 2013.
3. Системы автоматического управления освещением зданий [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://electricalschool.info/main/lighting/409-sistemy-avtomaticheskogo-upravlenija.html>.
4. Гутров М. М. Основы светотехники и источники света / М. М. Гутров. – Москва: Энергоатомиздат, 1983.
5. DMX контроллер [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://lightru.pro/dmx-kontroller/>.
6. Управление освещением по протоколу DALI [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://beg-russia.ru/blog/2016/08/04/dali/>.
7. Luminous BT Smart Bulb: что внутри умной лампочки? [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/company/medgadgets/blog/236947/>.
8. Как сделать автоматическое управление освещением [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://elektrika-su/osveshhenie/obshhaya-chast/avtomaticheskoe-upravlenie-osveshheniem-385>.
9. Схемы управления освещением [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://volt-info.ru/shema-upravleniya-osveshcheniem-iz-dvuh-i-bolee-punktov-bez-primeneniya-prohodnyh-vyklyuchateley>.
10. Цуркин А. П. Учебное пособие по курсу Электротехники и электроники / А. П. Цуркин. – Москва: АСОИиУ, 2008.
11. Как сделать автоматическое управление освещением [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://elektrika-su/osveshhenie/obshhaya-chast/avtomaticheskoe-upravlenie-osveshheniem-385>.

					<i>Арк.</i> 52
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>ДЕЗ51.461552.001</b>

12. LM4040 Datasheet [Электронный ресурс] // Micrel Semiconductor – Режим доступа до ресурсу: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/74519/MICREL/LM4040.html>.

13. ATMEGA16L Datasheet [Электронный ресурс] // ATMEL Corporation – Режим доступа до ресурсу: <https://www.alliedelec.com/m/d/feea8d7109226d505fca755f31f770d5.pdf>.

14. HC-SR501 Datasheet [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://www.terraelectronica.ru/pdf/show?pdf\\_file=%2Fds%2Fpdf%2FH%2FHC-SR501data.pdf](https://www.terraelectronica.ru/pdf/show?pdf_file=%2Fds%2Fpdf%2FH%2FHC-SR501data.pdf).

15. TCS3200 Datasheet [Электронный ресурс] // TEXAS ADVANCED OPTOELECTRONIC SOLUTIONS – Режим доступа до ресурсу: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/454462/TAOS/TCS3200.html>.

16. HV9961 Datasheet [Электронный ресурс] // Supertex, Inc – Режим доступа до ресурсу: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/637222/SUTEX/HV9961.html>.

17. Вимірювальні перетворювачі (сенсори): підручник / В. М. Ванько, Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець, В. О. Яцук, Ю. В. Яцук; ред.: Є. С. Поліщук, В. М. Ванько; Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів, 2015.

18. Хлуденьков В. Система управления освещением — идеальная и оптимальная [Электронный ресурс] / В. Хлуденьков – Режим доступа до ресурсу: [https://www.led-e.ru/articles/sys/2010\\_5\\_78.php](https://www.led-e.ru/articles/sys/2010_5_78.php).

19. Нечеткая логика. // Технической коллекции Schneider Electri. – 2009. – №31. – С. 32.

20. Сидоров И. Н. Справочник Малогабаритные трансформаторы / И. Н. Сидоров, В. В. Мукасеев, А. А. Христинин. – Москва: Радио и связь, 1987. – 352 с.

					<i>ДЕЗ51.461552.001</i>	Арк. 53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ДОДАТОК Б

Позначення	Найменування			Кількість	Примітка		
	<b>Конденсатори</b>						
C1-C3	C-1206 10 В 0.01 мкФ ±1% X7R Kemet			3			
C4	C-1206 10 В 47 мкФ ±1% X7R Kemet			1			
C5	C-1206 10 В 10 мкФ ±1% X7R Kemet			1			
C6	C-1206 10 В 100 нФ ±1% X7R Kemet			1			
C7	Radial 16 В 1000 мкФ 20 % Electrolite Kemet			1			
C8	C-1206 10 В 10 нФ ±1% X7R Kemet			1			
C9	C-1206 10 В 0.51 мкФ ±1% X7R Kemet			1			
C10	C-1206 10 В 10 нФ ±1% X7R Kemet			1			
C11,C12	C-1206 10 В 100 нФ ±1% X7R Kemet			2			
C13	C-1206 10 В 0.51 мкФ ±1% X7R Kemet			1			
C14,C15	C-1206 10 В 100 нФ ±1% X7R Kemet			2			
C16	Radial 16 В 68 мкФ 20 % Electrolite Kemet			1			
C17	Radial 16 В 1000 мкФ 20 % Electrolite Kemet			1			
C18,C19	C-1206 10 В 100 нФ ±1% X7R Kemet			2			
	<b>Мікросхеми</b>						
DA1,DA2	LM1117S-5.0 HTC			2			
DD1	BISS0001 NXP			1			
DD2	ATMEGA16L-8AU Microchip Technology			1			
DD3,DD4	HV9961 Microchip Technology			2			
				<b>ДЕЗ51.461552.001</b>			
	П.І.Б.	Підп.	Дата				
Розробник	Безугла			<b>Перелік елементів до автоматичної</b>	Літ.	Арку	Листів
Керівник	Тугай						
Консульта					КПІ ім. Ігоря		
Н/контрол							

Зав.

Писарен

**системи керування**

*Сікорського*

					<b>ДЕЗ51.461552.001</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
	<b>Катушки індуктивності</b>		
L1	GBR10015 Murata	1	
L2	MCDR1419NP Sumida	1	
	<b>Резистори</b>		
R1	R-1206 1 МОм $\pm 1\%$ *	1	
R2	R-1206 47 кОм $\pm 1\%$ *	1	
R3	R-1206 2 МОм $\pm 1\%$ *	1	
R4	R-1206 10 кОм $\pm 1\%$ *	1	
R5	R-1206 47 кОм $\pm 1\%$ *	1	
R6	R-1206 1 МОм $\pm 1\%$ *	1	
R7	R-1206 10 кОм $\pm 1\%$ *	1	
R8	R-1206 2.2 кОм $\pm 1\%$ *	1	
R9	R-1206 15 кОм $\pm 1\%$ *	1	
R10	R-1206 10 кОм $\pm 1\%$ *	1	
R11	R-1206 22 кОм $\pm 1\%$ *	1	
R12	R-1206 10 кОм $\pm 1\%$ *	1	
R13	R-1206 620 кОм $\pm 1\%$ *	1	
R14	R-1206 9.1 кОм $\pm 1\%$ *	1	
R15	R-1206 74 кОм $\pm 1\%$ *	1	
R16	R-1206 10 кОм $\pm 1\%$ *	1	
R17	R-1206 240 кОм $\pm 1\%$ *	1	
R18	R-1206 1 Ом $\pm 1\%$ *	1	
R19	R-1206 2.7 Ом $\pm 1\%$ *	1	

									Арк.
3	Ар	№ докум	Підп	Дат	<b>ДФЗ51 461552</b>				
Інв. № подл		Підп та дата		Взам. інв. №	Інв. № дубл			Підп та дата	

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
	<b><i>Потенціометри</i></b>		
<i>RP1</i>	<i>3296W 0.5 Вт 1 кОм ±1% KLS</i>	<i>1</i>	
	<b><i>Діоди</i></b>		
<i>VD1-VD4</i>	<i>S1AB-13-F Diodes Incorporated</i>	<i>4</i>	
<i>VD5</i>	<i>LM4040-5.0 Texas Instruments</i>	<i>1</i>	
<i>VD6</i>	<i>S1AB-13-F Diodes Incorporated</i>	<i>1</i>	
	<b><i>Транзистори</i></b>		
<i>VT1</i>	<i>BC846B ON Semiconductor</i>	<i>1</i>	
<i>VT2</i>	<i>FQB34P10TM ON Semiconductor</i>	<i>1</i>	
	<b><i>Розетки</i></b>		
<i>XS1, XS2</i>	<i>10157463 KLS</i>	<i>2</i>	

					Арк.	
ДФЗ51 461552						
3	Ар.	№ докум.	Підп.	Дат.		
Інв. № подл.		Підп. та дата		Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. та дата



## ДОДАТОК А

Справ. №			Перв. застосув.		
			ДЕз51.750706.001		
ЗОНА	К-ть	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітк
			<b>Документація</b>		
A		ДЕз51.750706.001 СК	Плата. Складальне	1	
A		ДЕз51.461552.001 ЕЗ	Схема електрична	1	
A		ДЕз51.461552.001 ПЕЗ	Перелік елементів	1	
			<b>Деталі</b>		
	1	ДЕз51.758723.001	Плата друкована	1	
			<b>Інші вироби</b>		
			Конденсатори		
	2		C-1206 10 В 10 нФ ±1% X7R	2	
			Kemet		
	3		C-1206 10 В 100 нФ ±1%	7	C6, C11, C12.
			Kemet		C14, C15, C18,
					C19

					<b>ДЕз51 750706 00</b>		
		№ докум	Підп	Дат	<b>Плата</b>		
Розро	Безугла						
Перев	Тугай С.Б.						
Н конт							
Затв					Літ	Аркуш	Аркуші
					КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Інв. № подл	Підп та дата		Взам інв. №	Інв. № дубл	Підп та дата		

--	--	--	--	--	--	--	--

					<b>ДФЗ51 750706</b>	Арк.
3	Ар	№ докум	Підп	Дат		
<i>Інв. № подл.</i>		<i>Підп та дата</i>		<i>Взам. інв. №</i>	<i>Інв. № дубл.</i>	<i>Підп та дата</i>

ЗОНА	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітк
	4	C-1206 10 B 0.01 мкФ ±1% X7R Kemet	3	C1-C3
	5	C-1206 10 B 10 мкФ ±1% Kemet	1	C5
	6	C-1206 10 B 47 мкФ ±1%	1	C4
	7	C-1206 10 B 0.51 мкФ ±*% X7R Kemet	1	C9
	8	C-1206 10 B 0.51 мкФ ±1% X7R Kemet	1	C13
	9	Radial 16 B 68 мкФ 20 % Конденсатори	1	C16
	10	Radial 16 B 1000 мкФ 20 % Electrolite Kemet	2	C7, C17
		Мікросхеми		
	11	ATMEGA16L-8AU Microchip Technology	1	DD2
	12	BISS0001 NXP	1	DD1
	13	HV9961 Microchip Technology	2	DD3, DD4
	14	LM1117S-5.0 HTC	2	DA1, DA2
		Котушки індуктивності		
	15	GBR10015 Murata	1	L1
	16	MCDR1419NP Sumida	1	L2

					Арк.	
<b>ДФЗ51 750706</b>						
3	Ар	№ докум	Підп	Дат		
Інв. № подл		Підп та дата		Взам. інв. №		Інв. № дубл
						Підп та дата

ЗОНА	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітк
		<i>Резистори</i>		
	17	<i>R-1206 1 Ом ±1% *</i>	1	R18
	18	<i>R-1206 2.7 Ом ±1% *</i>	1	R19
	19	<i>R-1206 9.1 кОм ±1% *</i>	1	R14
	20	<i>R-1206 2.2 кОм ±1% *</i>	1	R8
		<i>Резистори</i>		
	21	<i>R-1206 10 кОм ±1% *</i>	5	R4, R7, R12, R16
	22	<i>R-1206 15 кОм ±1% *</i>	1	R9
	23	<i>R-1206 22 кОм ±1% *</i>	1	R11
	24	<i>R-1206 47 кОм ±1% *</i>	2	R2, R5
	25	<i>R-1206 74 кОм ±1% *</i>	1	R15
	26	<i>R-1206 240 кОм ±1% *</i>	1	R17
	27	<i>R-1206 620 кОм ±1% *</i>	1	R13
	28	<i>R-1206 1 МОм ±1% *</i>	2	R1, R6
	29	<i>R-1206 2 МОм ±1% *</i>	1	R3
		<i>Потенціометри</i>		
	30	<i>3296W 0.5 Вт * кОм</i>	1	RP1
		<i>Діоди</i>		
	31	<i>LM4040-5.0 Texas Instruments</i>	1	VD5
		<i>S1AB-13-F Diodes Incorporated</i>	5	VD1-

										Арк.
3	Ар	№ докум	Підп	Дат	<b>ДФЗ51 750706</b>					
Інв. № подл.		Підп та дата			Взам. інв. №		Інв. № дубл.		Підп та дата	

№	ЗОНА	№	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітк
				Транзистори		
		33		BC846B ON	1	VT1
		34		FQB34P10TM ON	1	VT2
				Semiconductor		
				Розетки		
		35		10157463	2	XS1, XS2

3	Ар	№ докум	Підп	Дат	<b>ДФЗ51 750706</b>	Арк.
Інв. № подл.		Підп та дата		Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп та дата

					<b>ДФЗ51 750706</b>	Арк.
3	Ар	№ докум	Підп	Дат		
Інв. № подл.	Підп та дата		Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп та дата	