МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

перший бакалаврський
(рівень вищої освіти)

на тему Розробка драйвера потужного УФ світлодіода

Виконав: студент IV курсу, групи 6.1532
спеціальності *176 Мікро- та наносистемна техніка»*
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Мікро- та наносистемна техніка
(код і назва освітньої програми)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

Л.С. Нікіфорова
(ініціали та прізвище)

Керівник доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент, к.ф.-м.н., Світанько М.В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент професор кафедри електричної інженерії та кіберфізичних систем ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, професор, д.т.н., Коваленко В.Л.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2026рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Факультет _____
Кафедра *електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення*
Рівень вищої освіти *перший бакалаврський*
Спеціальність *176 «Мікро- та наносистемна техніка»*
(код і назва)

Освітня програма *Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва)
Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *ЕІСПЗ*
Критська Т.В.
"*01*" червня 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Нікіфоровій Ліліані Сергіївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) *Розробка драйвера потужного УФ світлодіода*

керівник роботи *Світанько Микола Вікторович, к.ф.-м.н., доцент*,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від "*23*" *грудня 2025 року № 1830-с*

2 Строк подання студентом роботи *01 червня 2026 року*

3 Вихідні дані до роботи *УФ світлодіод, 260 -280 нм, LED драйвер, 3-12 В, мікроконтролер, Multisim, Proteus*

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)*1. Джерела ультрафіолетового (УФ) випромінювання 2. Розробка драйвера потужного УФ світлодіода 3. Охорона праці та техногенна безпека при розробці електричних схем драйвера потужного УФ світлодіода*

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) *1. Структурна схема драйвера потужного УФ світлодіода 2. Макет*

драйвера потужного УФ світлодіода 3. Схема електрична драйвера потужного УФ світлодіода 4. Моделювання функціональних блоків драйверапотужного УФ світлодіода

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
I	*Світанько М.В., доцент*	*23.12.2025*	*23.12.2025*
II	*Світанько М.В., доцент*	*23.12.2025*	*23.12.2025*
III	*Світанько М.В., доцент*	*23.12.2025*	*23.12.2025*

7 Дата видачі завдання *23 грудня 2025 року*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Літературний огляд*	*29.03.2026*	
2	*Розрахункова частина*	*26.04.2026*	
3	*Розробка заходів із охорони праці та техногенної безпеки*	*30.05.2026*	
4	*Розробка графічної частини роботи*	*30.05.2026*	
5	*Оформлення пояснювальної записки*	*30.05.2026*	
6	*Нормоконтроль*	*30.05.2026*	
7	*Попередній захист роботи*	*10.06.2026*	

Студент _____ *Нікіфорова Л.С.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) _____ *Світанько М.В.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ *Верьовкін Л.Л.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Дипломна робота містить 81 сторінку, 42 рисунки, 14 таблиць, 44 джерела літератури.

Об’єкт дослідження – напівпровідникові випромінювачі ультраіолетового (УФ) діапазону.

Мета роботи – розробка драйвера потужного УФ світлодіода..

Завдання роботи – розробити структурну схему драйвера світлодіода; розробити електричні схеми основних апаратурних блоків пристрою; провести моделювання роботи електричних схем пристрою.

Методика досліджень – моделювання пристрою за допомогою програмного забезпечення Multisim, Proteus.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблено імпульсний драйвер для потужного світлодіода УФ діапазона.

Результати впроваджень – макет електронного приладу пройшов випробовування на кафедрі ЕІСПЗ, результати обговорювались на Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Розвиток освіти, науки та бізнесу: результати 2025».

Прогнозні пропозиції – використання пристрою буде ефективним в системах знезараження та високошвидкісних обчислювальних пристроях.

УЛЬТРАФІОЛЕТ, СВІТЛОДІОД, ДРАЙВЕР СВІТЛОДІОДА, ІМПУЛЬСНИЙ СТАБІЛІЗАТОР, МІКРОКОНТРОЛЕР, MULTISIM.

Дипломну роботу виконано на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення з 23.12.2025 р. по 10.06.2026 р.

ЗМІСТ

Стор.

Вступ ……. 6

1. Джерела ультрафіолетового (УФ) випромінювання……. 7

1.1 Основні застосування УФ випромінювання …….. 7

1.2 Ультрафіолетове випромінювання у знезаражувальних системах….. 8

1.3 УФ-С світлодіоди (UVC LED), та їх порівняння із бактерицидними ртутними лампами …….. 9

1.4 УФ світлодіоди……. 11

1.4.1 Матеріали для УФ світлодіодів……. 11

1.4.2 УФ-С світлодіоди виробників країн Південно-Східної Азії та Китаю…… 13

1.4.3 Дистриб'ютори УФ-С світлодіодів у країнах Європейського Союзу 21

1.5 Драйвери для УФ світлодіодів……. 23

1.5.1 Технічні характеристики світлодіода…… 23

1.5.2 Фактори, що впливають на продуктивність світлодіодів…….. 25

1.5.3 Основні типи драйверів, класифікація, параметри, особливості….. 26

2 Розробка драйвера потужного УФ світлодіода…….. 30

2.1 Структурна схема драйвера потужного УФ світлодіода…… 30

2.2 Ультрафіолетовий світлодіод…….. 31

2.3 Вибір схеми стабілізатора драйвера потужного УФ світлодіода……. 32

2.3.1 Лінійний стабілізатор на мікросхемі LM317…… 32

2.3.2 Лінійний стабілізатор на мікросхемі CN5711……. 34

2.3.3 Імпульсний стабілізатор на мікросхемі XL4015…….. 36

2.3.4 Перевірка функціональності схем стабілізаторів…… 39

2.4 Електрична схема стабілізатора драйвера потужного УФ світлодіода 41

2.4.1 Мікросхема BP1371…… 41

2.4.2 Пасивні і активні компоненти драйвера……. 43

2.4.3 Перевірка функціональності схеми драйвера…….. 45
2.5 Регулювання вихідної потужності драйвера УФ світлодіода……... 48
2.6 Макетні випробування роботи драйвера потужного УФ світлодіода.. 53
3 Охорона праці та техногенна безпека при розробці електричних схем драйвера потужного УФ світлодіода…… 58
3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів……. 58
3.2 Виробнича санітарія…….. 61
3.3 Електробезпека…….. 62
3.4 Пожежна та техногенна безпека об’єкту……. 63
3.5 Розрахунок освітлення робочого місця…… 64
Висновки та рекомендації……..... 67
Перелік посилань……..…… 69
Додпток 1…… 74

Вступ

Добре відомий факт впливу ультрафіолетового (УФ) випромінювання на біологічні об’єкти [1, 2]. Наразі особливої уваги заслуговують способи використання УФ випромінювання у знезаражувальних системах. Як відомо, у медичних установах для ефективної дезінфекції використовують бактерицидні лампи із випромінюванням в діапазоні довжин хвиль λ=205-315 нм [2]. Однак, для здійснення антибактеріальної обробки ділянок малого розміру, особливо у важкодоступних місцях, таке обладнання використовувати складно і небезпечно. Ультрафіолетові світлодіоди можуть замінити традиційні ртутні лампи у все більшій кількості областей застосування.

На додачу зростає інтерес до бездротового зв’язку, побудованого на ультрафіолетовому світлі, як реакція на успіхи у створенні твердотільних оптичних джерел-детекторів, що працюють у діапазоні, нечутливому до сонячного випромінювання ультрафіолетового спектра (200–280 нм). У цьому, так званому глибокому ультрафіолеті (DUV), сонячне випромінювання нехтувано мале на рівні земної поверхні, що дає можливість використовувати детектори фотовідліків із приймачами широкого спектра, які дають можливість збільшити одержану на детекторі енергію з малими додатковими фоновими шумами [1, 2].

Але, функціювання цих випромінювачів дуже залежить від вхідних параметрів – робочих напруг і струмів.

Тому, досить актаульним є питання розробки спеціальних пристроїв керування роботую світлодіодів – LED драйверів.

1. Джерела ультрафіолетового (УФ) випромінювання

1.1 Основні застосування УФ випромінювання

Електромагнітне випромінювання у діапазоні довжин хвиль від λ=400 нм до λ=10 нм називають ультрафіолетовим (УФ).

Весь діапазон УФ випромінювання умовно поділяють на чотири області: А (λ = 400-315 нм), В (λ = 315-280 нм), С (λ = 280-200 нм) і вакуумну (λ = 200-10 нм). Остання назва пояснюється тим, що УФ випромінювання з λ < 200 нм сильно поглинається в повітрі і тому його зручно досліджувати у вакуумі [1 - 3].

Як основні практичні застосування УФ можна відмітити наступні:

Медицина та гігієна

Знезараження: бактерицидні лампи (УФ-С) знищують бактерії, віруси та грибки в повітрі (місця скупчення людей) та на поверхнях.

Лікування (фототерапія): псоріаз, атопічний дерматит, захворювання верхніх дихальних шляхів (тонзиліт, риніт) за допомогою спеціальних ламп.

Вітамін D: стимулює синтез вітаміну D, що зміцнює кістки (профілактика рахіту) [2].

Промисловість та технології

Електроніка: технологічні процеси створення мікросхем (літографія), механічна обробка (різання) кристалів [4, 5].

Полімеризація: затвердіння покриттів, клеїв, фарб (УФ-лакування).

Контроль якості: перевірка справжності банкнот, документів, детекція підробок за допомогою УФ-міток, експрес контроль різних конструкцій на наявність дефектів

Аналітика: спектральний аналіз, криміналістика (виявлення слідів).

Очищення води/повітря: знезараження [2].

Агрономія та рослинництво

Вирощування рослин: стимулює ріст, підвищує вміст корисних речовин (поліфенолів), допомагає в боротьбі зі шкідниками [2].

Побутове застосування

Очищення: дезінфекція іграшок, посуду, телефонів.

Косметологія: у соляріях (хоча й небезпечно) [2].

Інші високотехнологічні сфери

Космонавтика: системи космічного зв’язку, профілактичне опромінення для підтримки здоров'я екіпажу [1, 2, 4, 5].

Термоядерний синтез: використання УФ азерного випромінювання в інерційному термоядерному термоядерному синтезі, що забезпечує до 16% енергоефективності [1, 3, 4].

1.2 Ультрафіолетове випромінювання у знезаражувальних системах

Механізм біологічної дії УФ опромінювання дуже складний і своєрідний, він зводиться не тільки до вітамінізації, а треба враховувати також безпосередній вплив випромінювання на нервові рецептори і утворення високоактивних продуктів білкового походження, що надходять у кров і діють на різні регуляторні механізми, в першу чергу, на центральну нервову систему.

Важливими для розуміння дії ультрафіолету є два параметри — довжина хвилі (в нм) та інтенсивність випромінювання (у Вт/м^2 або мкВт/см^2), які пов’язані з дозою випромінювання (Вт*с/м^2 = Дж/м^2) [2, 6, 7].

Принцип бактерицидної дії УФ в основному пов’язаний з тим, що фотони УФ руйнують зв’язки в нуклеїнових молекулах, ДНК або РНК, мікроорганізмів. Крім того, певною мірою УФ спричиняє фотохімічні реакції в білках мікробів. Найбільш чутливою мішенню для бактерицидного УФ є

ДНК бактерій, далі йде ДНК ДНК-вмісних вірусів, потім РНК РНК-вмісних вірусів та ДНК грибів [6].

Існує багато типів джерел бактерицидного ультрафіолету: ртутні лампи низького та високого тиску, імпульсні ксенонові лампи, ексимерні (KrCl) лампи, LED-лампи [2, 7, 8].

Найбільш доступним, дешевим, вивченим та широко застосованим в Україні джерелом ультрафіолету є ртутні лампи низького тиску. 85% випромінювання даних ламп припадає саме на довжину хвилі 254 нм, що пояснює їх бактерицидну дію. Сучасні бактерицидні ультрафіолетові лампи не утворюють озон, тобто є безозоновими [2, 7, 8, 9].

1.3 УФ-С світлодіоди (UVC LED), та їх порівняння із бактерицидними ртутними лампами

Ртутна лампа є небезпечною, так як ртуть дуже токсична. Якщо лампу розбити, витік ртуті завдасть дуже серйозної шкоди людському організму та навколишньому середовищу [7 - 9].

UVC LED дезінфекція - це новий метод стерилізації, який може замінити традиційні ртутні ультрафіолетові лампи.

Різниця між UVC LED і ртутними УФ лампами полягає в наступному [10]:

1. Джерело світла інше: УФ-світлодіод випромінює УФ-світло від світлодіодної лампи, а традиційна ртутна лампа випромінює УФ-світло від ртутної лампочки.

2. Спектр випромінюваного ультрафіолетового випромінювання відрізняється: світлодіод UVC зазвичай випромінює одну пікову довжину хвилі (кілька пікових світлодіодів об’єднані, спектр багатопіковий), ртутна

ультрафіолетова лампа випромінює безперервний спектр довжини хвилі, діапазон довжин хвиль, як правило, дуже великий.

3. Захист навколишнього середовища: ртутна лампа містить шкідливі речовини, такі як ртуть, і низькохвильове ультрафіолетове світло ртутної лампи виробляє озон, що робить необхідним встановлення вентиляційної витяжної системи під час використання ртутної ультрафіолетової лампи. А низькохвильове ультрафіолетове світло ртутної лампи завдає великої радіаційної шкоди людям, тому його потрібно повністю закрити й екранувати. Світлодіод не має довжини хвилі шуму, хімічного забруднення та не шкодить людському тілу.

4. Термін служби: UVC LED є холодним джерелом світла, його термін служби може досягати 20000 годин, термін служби традиційної ртутної лампи становить близько 5000 годин. У порівнянні з ртутними лампами світлодіоди UVC служать довше.

5. Розмір блоку різний: трубка ртутної лампи велика, а скло трубки лампи крихке, його важко інтегрувати в невелике обладнання, тоді як глибокий ультрафіолетовий світлодіод має просту структуру, не містить крихкої скляної оболонки, портативний і ударостійкість, і його легко інтегрувати в різне обладнання.

6. Робоча напруга різна: робоча напруга ртутної лампи висока, і її потрібно попередньо нагріти. Робоча напруга світлодіодів UVC становить лише кілька вольт, немає складної схеми приводу, простий у використанні та легкий у керуванні [10].

Ультрафіолетові світлодіоди можуть замінити традиційні ртутні лампи у все більшій кількості областей застосцвання. Вони широко використовувалися в домашньому дезінфекційному обладнанні, такому як очищувачі повітря, очищувачі води, посудомийні машини, пральні машини тощо. Однак електрооптична ефективність перетворення ультрафіолетових світлодіодів дуже низька, лише близько 3-5 відсотків електричної енергії перетворюється на ультрафіолетове світло під час роботи ультрафіолетових

світлодіодів, а решта 95 відсотків перетворюється в тепло. Це призводить до низької ефективності випромінювання глибоких ультрафіолетових світлодіодів, яка становить лише 10 відсотків від ефективності ртутних ламп низького тиску. А ціна UVC-світлодіодів при тій же електричній потужності висока, приблизно в 10 разів вища за ртутні лампи низького тиску. Таким чином, щоб отримати таку ж потужність ультрафіолетового випромінювання, вартість глибокого ультрафіолетового світлодіода приблизно в 100 разів перевищує вартість ртутних ламп низького тиску [10].

1.4 УФ світлодіоди

1.4.1 Матеріали для УФ світлодіодів

УФ-світлодіоди виготовляються з високоенергетичних напівпровідникових матеріалів - нітрид-галієві (GaN) сполуки з додаванням нітриду індію-галію (InGaN), які мають достатньо широку заборонену зону для генерації короткохвильового ультрафіолетового випромінювання, на відміну від кремнію чи германію, які використовуються для видимого світла чи випрямлення [11 – 14].

Основні матеріали.

Нітрид галію (GaN) та його сплави з індієм (InGaN) є ключовими для УФ-діодів, оскільки їхня кристалічна структура дозволяє створювати фотони високої енергії, необхідні для УФ-діапазону [11 – 14].

Використовуються різні композиції InGaN для точного налаштування довжини хвилі, переходячи від синього світла до глибокого ультрафіолету.

Нітрид індію-галію (InGaN, $In_xGa_{1-x}N$) — напівпровідниковий матеріал, виготовлений із суміші нітриду галію (GaN) та нітриду індію (InN). Потрійний напівпровідник з прямою забороненою зоною III (In,Ga) та зоною V для N. Його ширину забороненої зони можна налаштувати, змінюючи кількість індію в сплаві. $InxGa_{1-x}N$ має ширину забороненої зони від

інфрачервоного (0,69 еВ) для InN до ультрафіолетового (3,4 еВ) для GaN. Співвідношення In/Ga зазвичай становить від 0,02/0,98 до 0,3/0,7 [11 – 14].

У ряді робіт було показано, що можна отримати три види бінарних напівпровідникових сполучень: InN, GaN и A1N, при цьому GaN, що вирощений методом епітаксії, був більш довершеним. Але тверді розчини AlGaN з більшою концентрацією алюмінію та InGaN з великою концентрацією індію, що мають високий внутрішній квантовий вихід випромінювання, отримати на практиці дуже важко [14]. На рис. 1.1 показана залежність ширини забороненої зони від сталої решітки для твердих розчинів AlInGaN [14].

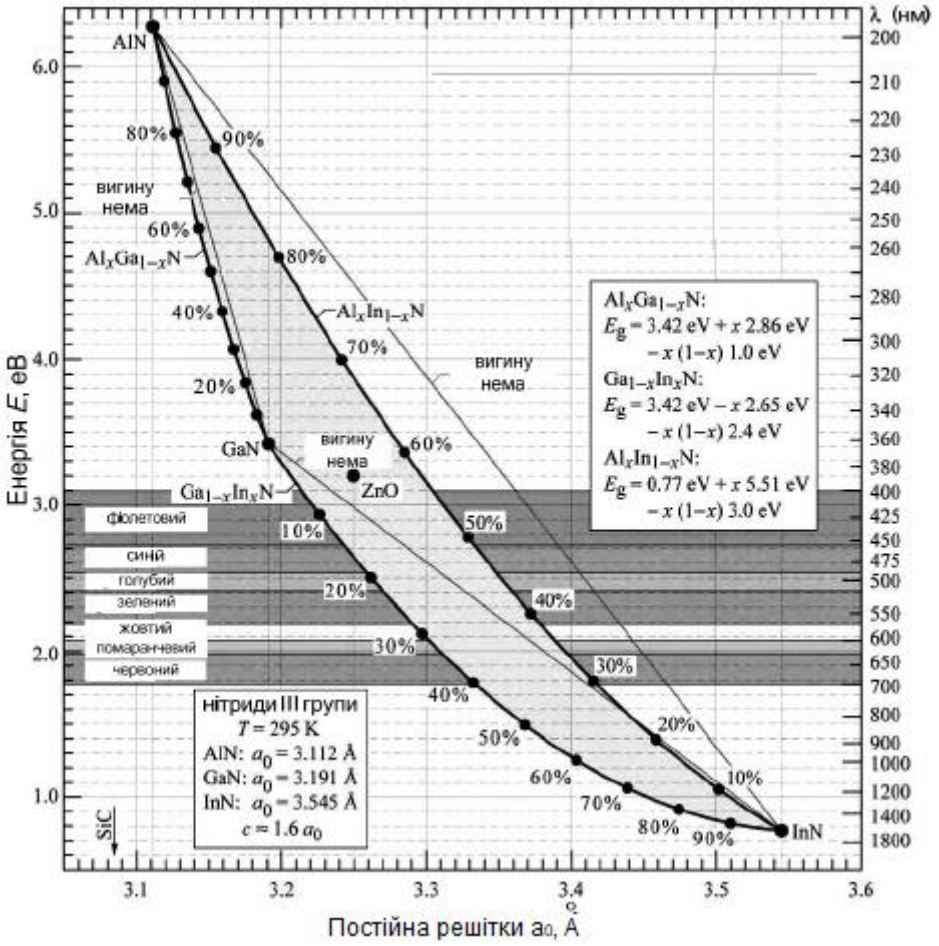


Рисунок 1.1 - Залежність ширини забороненої зони від сталої решітки для напівпровідників на основі нітридів III групи.

Структура.

Як і інші світлодіоди, УФ-діоди складаються з p-n переходу, що створюється з цих напівпровідникових матеріалів.

Ці шари вирощуються на підкладці, і їхня точна структура (наприклад, з квантовими ямами) оптимізується для ефективного випромінювання в УФ-спектрі [11 – 14].

Корпус.

Для корпусів використовують прозорі полімери, але в УФ-діодах виникають особливі вимоги до матеріалу, оскільки традиційні епоксидні смоли можуть втрачати прозорість у короткохвильовій області спектру, тому потрібні спеціалізовані матеріали, стійкі до УФ [11 – 14].

1.4.2 УФ-С світлодіоди виробників країн Південно-Східної Азії та Китаю

Найбільш активно технології отримання УФ-С світлодіодів розвинені в країнах Південно-Східної Азії, а також в Китаї.

На рисунку 1.2 представлена 254 нм 265 нм 275 нм ультрафіолетова світлодіодна гнучка стрічка виробництва китайської компанії Zhengzhou Uvwave Electronic Technology Co., Ltd. [15].



Рисунок 1.2 - Ультрафіолетова світлодіодна гнучка стрічка 254 нм, 265 нм, 275 нм

У таблиці 1.1 представлені параметри УФ світлодіодної стрічки [15].

Таблиця 1.1 Параметри ультрафіолетової світлодіодної гнучкої стрічки 254 нм, 265 нм, 275 нм [15].

Назва продукту	Світлодіодна стрічка UVC
Тип	Гнучка стрічка, жорстка стрічка
Довжина хвилі	255 нм, 265 нм, 275 нм
Вхідна напруга	12В/24В постійного струму
Споживання енергії	10w/m - 60w/m
Кількість світлодіодів	30 світлодіодів/м, 60 світлодіодів/м
Ріжучий блок	3 світлодіоди/10 см, 3 світлодіоди/5 см
Розмір упаковки	5 метрів в рулоні
Ширина друкованої плати	10 мм/20 мм
Колір друкованої плати	Білий/Чорний
Розмір світлодіода	SMD3535, SMD3838, SMD6868
Оптична потужність на чіп	5 - 25 мВт
Світлодіодний кут огляду	30/60/120 градусів
Тривалість життя	10000 годин
Робоча температура	-30 - 80 ^{0}C
Атестація	CE, RoHS, FCC

На рисунку 1.3 представлені спектральні характеристики стрічки [15].

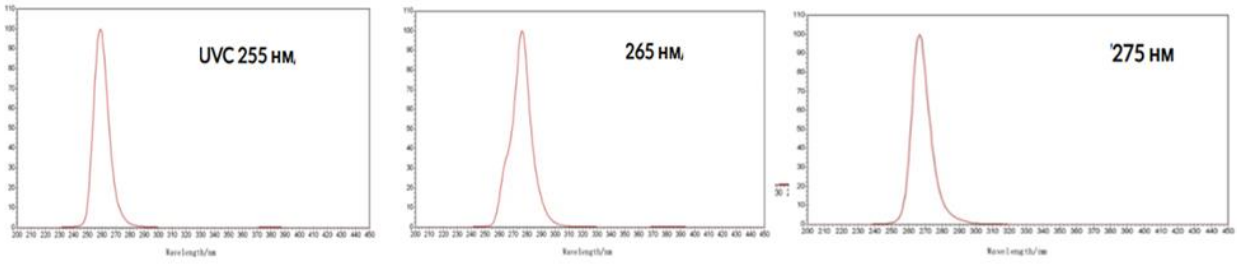


Рисунок 1.3 - Спектральні характеристики ультрафіолетової світлодіодної гнучкої стрічки 254 нм, 265 нм, 275 нм

На рисунку 1.4 представлений УФ світлодіод GG-3535UVC-1620 виробництва китайської компанії Guangmai Electronics Co., Ltd. з наступними характеристиками [16]:

Вхідний струм: 100-150 мА

Потужність: 1 Вт

Вхідна напруга: 5-8 В постійного струму

Тип світлодіодного пакета: ALN Ceramic 3535

Випромінювана потужність: 16-18 мВт

Діапазон довжини хвилі випромінювання: 265-280 нм.

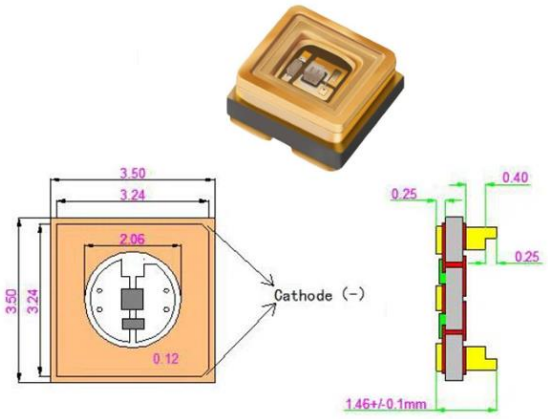


Рисунок 1.4 - Зовнішній вигляд та габаритні розміри світлодіода GG-3535UVC-1620

На рисунку 1.5 представлені спектральні характеристики світлодіода GG-3535UVC-1620 [16].

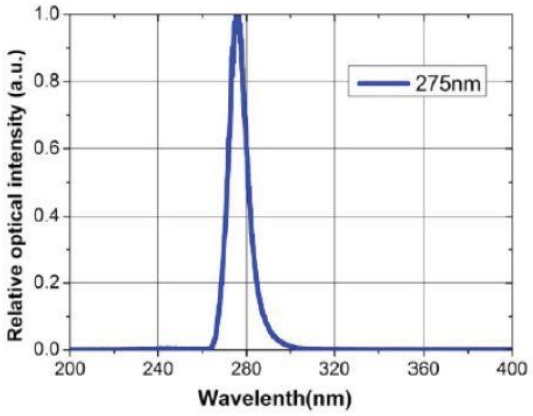


Рисунок 1.5 - Спектральні характеристики світлодіода GG-3535UVC-1620

На рисунку 1.6 представлений світлодіодний модуль 265 нм 285 нм 15-25 мВт [17].

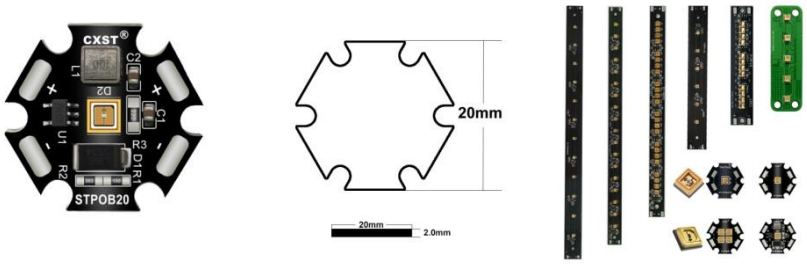


Рисунок 1.6 - Світлодіодний модуль 265 нм 285 нм

Технічні характеристики [17]:

- Довжина хвилі: 265–285 нм (UVC-діапазон)
- Потужність: 1 Вт
- Оптична потужність: 15–25 мВт
- Робоча напруга: 3,7 – 5 В
- Робочий струм: 120 мА
- Підкладка: алюмінієва, 20 мм
- Тип випромінювання: глибоке ультрафіолетове (UVC)

Застосування:

- Стерилізація поверхонь, інструментів та приміщень
- Очищення та дезінфекція води й повітря
- Антибактеріальні пристрої
- Лабораторні дослідження

На рисунку 1.7 представлений УФ світлодіод 3535, PB2D-UCLA-TC виробництва компанії ProLight Opto Technology Corporation (Тайвань, США) [18].



Рисунок 1.7 - УФ світлодіод 3535, PB2D-UCLA-TC

Характеристики [18]:

Виробник: ProLight Opto

Колір: ультрафіолетовий

Розмір: 3535

Лінза: прозора

Потужність: 0,2 Вт

Струм: 20 мА

Напруга: 5...7 В

Сила_світла/Світловий потік: 2 – 3,5 мВт

Кут: 120°

Довжина хвилі: 265...280 нм

На рисунку 1.8 представлені спектральні характеристики УФ світлодіода 3535, PB2D-UCLA-TC[18].

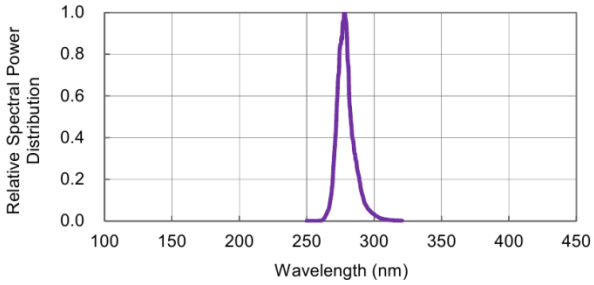
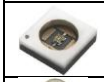
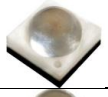
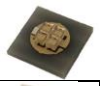


Рисунок 1.8 - Спектральні характеристики УФ світлодіода 3535, PB2D-UCLA-TC

У таблиці 1.2 представлені характеристики УФ-С світлодіодів компанії ProLight Opto Technology Corporation [18]

Таблиця 1.2 - Характеристики УФ-С світлодіодів компанії ProLight Opto Technology Corporation [18]

Product image	Product	Model	Color (Wavelengt), nm	Current, mA	Voltage, V	Radiated power, mW	Beam Angle, degrees
	1W UVC Power LED Version: 2.4	PB2D-1CLA-TC	265 - 280	100	5.7 (5-6.5)	34	120
	1W UVC Power LED Version: 2.2	PB2D-1JLA-TC	265 - 280	100	5.7 (5-6.5)	26	30
	0.2W UVC Power LED Version: 1.9	PB2D-UCLA-TC	265 - 280	20	6.8 (5-8)	3.5	120
	0.2W UVC Power LED Version: 2.0	PB2D-UJLA-TC	265 - 280	20	6.8 (5-8)	3	30
	0.2W UVC Power LED Version: 2.0	PQ2A-UCLA-TC	265 - 280	20	6.8 (5-8)	3.5	130
	1W UVC Power LED Version: 1.3	PB4D-1FQA-TCL	265 - 280 400 - 410	20 20	6.8 (5-8) 3.2 (3-3.4)	2.5 13	120 120
	0.2W UVC Power LED Version: 1.6	PB2D-UKLA-TC	265 - 280	20	6.8 (5-8)	3	60
	1 W UVC Power LED Version: 1.8	PB2D-1KLA-TC	265 - 280 nm	100	5.7 (5-6.5)	28	60
	12W UVC Power LED Version: 1.6	PBSD-12JLA-KC	265 - 280	400	18 (15-21)	120	48
	12W UVC Power LED Version: 1.6	PBSD-12KLA-KC	265 - 280	400	18 (15-21)	130	60
	12W UVC Power LED Version: 1.6	PBSD-12FLA-KC	265 - 280	400	18 (15-21)	150	120
	1W UVC Power LED Version: 1.5	PB2D-1FLA-KC	265 - 280	100	6 (5 – 7)	18	120
	1W UVC Power LED Version: 1.0	PB3D-1FLA-TC	265 - 280	100	5.7 (5-6.5)	31	120
	3W UVC Power LED Version: 1.1	PB2D-3KLA-KC	265 - 280	350	6 (5 – 7)	41	60
	4W UVC Power LED Version: 1.6	PB2D-4CLA-KC	265 - 280	500	6 (5 – 7)	105	120
	4W UVC Power LED Version: 1.3	PB2D-4FLA-KC	265 - 280	500	6 (5 – 7)	96	120
	3W UVC Power LED Version: 1.1	PB2A-3CLA-KC4	265 - 280 nm	350	6 (5 – 7)	55	120
	3W UVC Power LED Version: 1.2	PB2D-3CLA-KC4	265 - 280	350	6 (5 – 7)	50	120
	3W UVC Power LED Version: 1.0	PB2D-3FLA-KC4	265 - 280	350	6 (5 – 7)	46	120
	400W UV Power LED Module Version:1.6	PBSM-10JLU-xDA36A0x	UV-S 365 – 370 UV-M 380 – 390 UV 390 – 400 UV-L 400 – 410	6000	38.4 - 50.4 36 - 45.6 36 - 45.6 36 - 45.6	90 – 152 108 – 186 108 – 193 108 - 186	48

На рисунку 1.9 представлений УФ-С світлодіод LDR-3939CNZV280 виробництва китайської компанії Ledstar Opto-electronics Tech. Co., Ltd. [19].

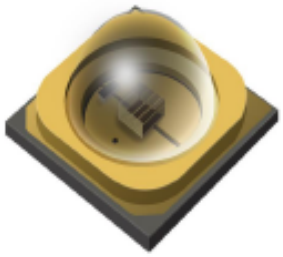


Рисунок 1.9 - УФ-С світлодіод LDR-3939CNZV280

На рисунку 1.10 представлен спектральні характеристики УФ-С світлодіода LDR-3939CNZV280 [19].

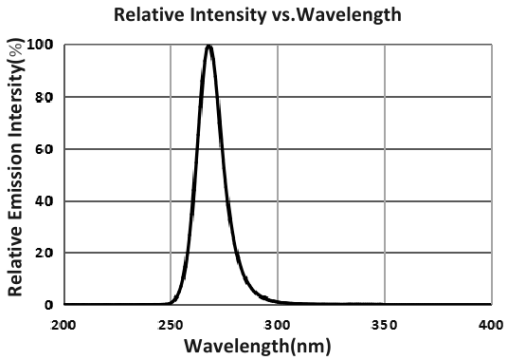


Рисунок 1.10 - Спектральні характеристики УФ-С світлодіода LDR-3939CNZV280

У таблиці 1.3 представлені характеристики УФ-С світлодіодів компанії Ledstar Opto-electronics Tech. Co., Ltd. [19]

Таблиця 1.3 - Характеристики УФ-С світлодіодів компанії Ledstar Opto-electronics Tech. Co., Ltd. [19]

Product image	Product	Model	Color (Wavelengt)	Current	Voltage	Radiated power	Beam Angle	Photoelectric efficiency
	3939 UVC	LDR-3939CNZV280	270-280nm	100mA	5V	7-12 mW	120°	2%
	3535 UVC	LDR-3535CNZV260	260-270nm	100mA	5V	2-6mW	120°	2%
	3535 UVC	LDR-3535CNZUVAC	270-280nm	60mA	5V	7-12mW	120°	2%
	6868 UVC	LDR-6868CNZV280	270-280nm	300mA	5V	25-45mW	120°	2%
		LDR-6868CNZV280	270-280nm	200mA	22V	50-70mW		2%

	3939 UVC	LDR-3939CNZV280	260-290nm	100mA	7V	12-22mW	30°	2%
	3535 UVC	LDR-3535CNZV255	250-260nm	350mA	6V	30-40mW	60°	2%
	3535 UVA+ UVC	LDR-3535CNZUVAC	390-410nm 270-280nm	UVA: 60mA UVC: 100mA	UVA:3V UVC:6V	UVA: 50-80mW UVC: 10-20mW	120°	21%

На рисунку 1.11 представлений УФ-С світлодіод CUD7QF1A компанії Seoulviosys (Республіка Корея) [20].



Рисунок 1.11 - Світлодіод CUD7QF1A

На рисунку 1.12 представлені спектральні характеристики світлодіода CUD7QF1A компанії Seoulviosys [20].

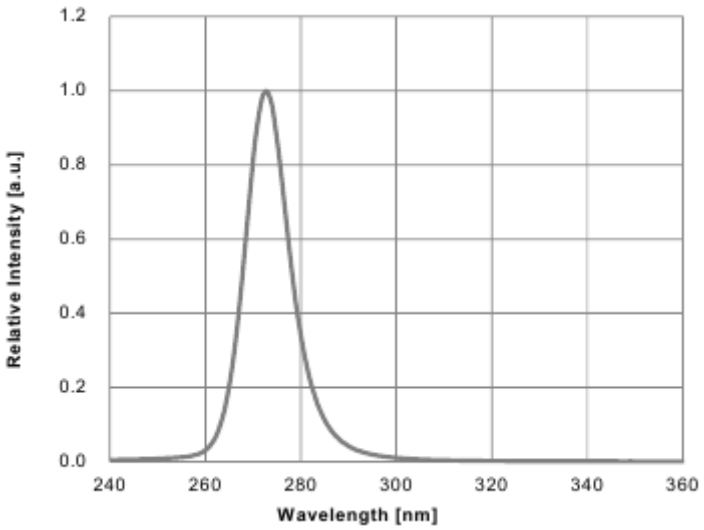


Рисунок 1.12 - Спектральні характеристики УФ-С світлодіода CUD7QF1A

У таблиці 1.4 представлені характеристики УФ-С світлодіодів компанії Seoulviosys (Республіка Корея) [20].

Таблиця 1.4 - Характеристики УФ-С світлодіодів компанії Seoulviosys (Республіка Корея) [20]

№	Part No.	Wavelength, nm	Type	Radiated power, mW	V_F, V	I_F, mA	Viewing Angle, deg.	Size, mm
1	CUD1GF1A	275	Flat	6	6.1	30	120	3.5x3.5x1.2
2	CUD7GF1A	275	Flat	6	6.1	30	120	3.5x3.5x1.2
3	CUD72F1A	275	Flat	10	5.6	30	120	3.4 x 3.4 x 1.5
4	CUD72F1B	275	Flat	25	5.6	100	120	3.4 x 3.4 x 1.5
5	CUD7QF1A	275	Flat	2	5.4	20	125	3.0x3.0x1.1
6	CUD8AF1C	275	Flat	3.3	6.5	30	115	6.3.x6.3x1.8
7	CUD8AF1D	275	Flat	19	6	200	120	6.3.x6.3x1.8

1.4.3 Дистриб’ютори УФ-С світлодіодів у країнах Європейського Союзу

На рисунку 1.13 представлений УФ-С світлодіод UV230-T39L австрійської компанії Roithner Laser Technik GmgH [21].

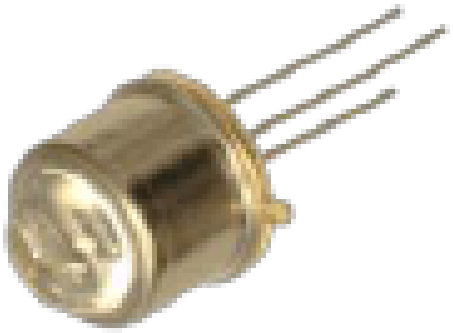


Рисунок 1.13 – Світлодіод UV230-T39L

У таблиці 1.5 представлені характеристики УФ-С світлодіодів австрійської компанії Roithner Laser Technik GmgH [21].

Таблиця 1.5 - Характеристики УФ-С світлодіодів компанії Roithner Laser Technik GmgH [21]

№	Part No.	Wavelength, nm	Wavelength tol., nm	FWHM, nm	Radiated power, mW	Io, mA	Angle deg.	Package	Lens
1	UV230-T39L	230 nm	± 5 nm	11 nm	0.4 mW	20 mA	16 °	TO39	hemisph. lens
2	UV255-TO46L	257 nm	± 6 nm	12 nm	3.0 mW	20 mA	14 °	TO39	hemisph. lens
3	UVTOP250-HL-TO39	255 nm	± 5 nm	11 nm	0.3 mW	20 mA	7 °	TO39	hemisph. lens
4	UVTOP250-FW-TO39	255 nm	± 5 nm	11 nm	0.4 mW	20 mA	120 °	TO39	flat window
5	UVTOP260-HL-TO39	265 nm	± 5 nm	11 nm	0.6 mW	20 mA	7 °	TO39	hemisph. lens
6	UVTOP260-FW-TO39	265 nm	± 5 nm	11 nm	0.8 mW	20 mA	120 °	TO39	flat window
7	UVTOP260-BL-TO39	265 nm	± 5 nm	11 nm	0.8 mW	20 mA	7 °	TO39	ball lens
8	UVTOP270-HL-TO39	275 nm	± 5 nm	11 nm	0.6 mW	20 mA	7 °	TO39	hemisph. lens
10	UVTOP270-FW-TO39	275 nm	± 5 nm	11 nm	1.0 mW	20 mA	120 °	TO39	flat window
11	UVTOP270-BL-TO39	275 nm	± 5 nm	11 nm	0.9 mW	20 mA	7 °	TO39	ball lens
12	UV280-T46L	280 nm	± 5 nm	11 nm	4.8 mw	20 mA	14 °	TO46	hemisph. lens
13	UVTOP280-HL-TO39	285 nm	± 5 nm	11 nm	0.7 mw	20 mA	7 °	TO39	hemisph. lens
14	UVTOP280-FW-TO39	285 nm	± 5 nm	11 nm	0.9 mw	20 mA	120 °	TO39	flat window
15	UVTOP280-BL-TO39	285 nm	± 5 nm	11 nm	0.8 mw	20 mA	7 °	TO39	ball lens
16	UVTOP290-HL-TO39	295 nm	± 5 nm	11 nm	0.5 mw	20 mA	7 °	TO39	hemisph. lens
17	UVTOP290-FW-TO39	295 nm	± 5 nm	11 nm	0.8 mw	20 mA	120 °	TO39	flat window
18	UVTOP290-BL-TO39	295 nm	± 5 nm	11 nm	0.6 mw	20 mA	7 °	TO39	ball lens
19	UVTOP250H-FW-SMD	255 nm	± 5 nm	11 nm	3.5 mW	100 mA	125 °	3535 SMD	flat window
20	UVR270-SC3	270 nm	± 5 nm	15 nm	3 mW	50 mA	30 °	4545 SMD	dome lens
21	UVR270-SC3P	270 nm	± 5 nm	15 nm	3 mW	50 mA	30 °	hex. PCB	dome lens
22	UVR270-SC12	270 nm	± 5 nm	15 nm	3 mW	50 mA	120 °	4545 SMD	flat window
23	UVR270-SC12P	270 nm	± 5 nm	15 nm	3 mW	50 mA	120 °	hex. PCB	flat window
24	UVR270-SA3	270 nm	± 5 nm	15 nm	10 mW	150 mA	30 °	4545 SMD	dome lens

25	UVR270-SA3P	270 nm	± 5 nm	15 nm	10 mW	150 mA	30 °	hex. PCB	dome lens
26	GD35R-275Z-F	275 nm	± 5 nm	15 nm	14 mW	150 mA	120 °	3535 SMD	flat window
27	UVTOP270-FW-SMD	275 nm	± 5 nm	11 nm	3 mW	30 mA	120 °	3535 SMD	flat window
28	UVTOP270H-FW-SMD	275 nm	± 5 nm	11 nm	11.5 mW	100 mA	125 °	3535 SMD	flat window
29	UVR280-SC3	280 nm	± 5 nm	15 nm	3 mW	50 mA	30 °	4545 SMD	dome lens
30	UVR280-SC3P	280 nm	± 5 nm	15 nm	3 mW	50 mA	30 °	hex. PCB	dome lens
31	UVR280-SC12	280 nm	± 5 nm	15 nm	3 mW	50 mA	120 °	4545 SMD	flat window
32	UVR280-SC12P	280 nm	± 5 nm	15 nm	3 mW	50 mA	120 °	hex. PCB	flat window
33	UVR280-SA3	280 nm	± 5 nm	15 nm	10 mW	150 mA	30 °	4545 SMD	dome lens
34	UVR280-SA3P	280 nm	± 5 nm	15 nm	10 mW	150 mA	30 °	hex. PCB	dome lens
35	UVR280-4F12	280 nm	± 5 nm	15 nm	48 mW	180 mA	120 °	6060 SMD	flat window

На території України виробники подібної продукції відсутні. Готові до експлуатації УФ-С світлодіоди, в основному без зазначення бренду, пропонують дистриб’ютори [22-26].

1.5 Драйвери для УФ світлодіодів

1.5.1 Технічні характеристики світлодіода

- Світловий потік

Світловий потік вимірює кількість видимого світла, випромінюваного світлодіодним джерелом. Одиницею вимірювання світлового потоку є люмен (лм). Більше значення світлового потоку означає яскравіший світлодіод. Однак одне значення світлового потоку не дає інформації про якість випромінюваного світла. Для цього існують інші фактори, наприклад, передача кольору, енергоефективність тощо [27-29].

- Світлова ефективність

Світлова віддача світлодіодного джерела вимірює кількість видимого світла, яке воно виробляє. Він вимірює енергоспоживання за одиницю часу. Одиницею вимірювання світловіддачі є люмен на ват (лм/Вт). Вищий коефіцієнт світлової віддачі означає, що світлодіод ефективніший і випромінює більше світла на кожну одиницю споживаної потужності. Світлодіоди з вищою світловіддачею можуть заощадити енергію та знизити експлуатаційні витрати [27-29].

- Колірна температура

Колірна температура вимірює зовнішній вигляд світла з точки зору кольору від світлодіодного джерела. Кельвін — одиниця вимірювання колірної температури (К). Світлодіоди можуть випромінювати світло з різними колірними температурами. Він може варіюватися від теплого білого (2700K–3000K) до холодного білого (5000K–6500K). Нижче значення колірної температури вказує на тепліше (жовте) світло. У той же час більший показник означає більш холодне (блакитне) світло [27-29].

- Індекс кольорового рендеринга (CRI)

Індекс передачі кольору (CRI) вимірює, наскільки добре світлодіодне джерело може передавати кольори порівняно з природним світлом. Значення CRI коливається від 0 до 100, при цьому вище значення вказує на кращу передачу кольору. Світлодіод із значенням CRI 80 або вище зазвичай має хорошу передачу кольору. Навпаки, світлодіод зі значенням CRI нижче 80 може викликати спотворення кольору [27-29].

- Пряма напруга

Пряма напруга - це напруга, необхідна, щоб увімкнути світлодіод і змусити його випромінювати світло. Одиницею вимірювання прямої напруги є вольт (В). Пряма напруга світлодіода залежить від типу світлодіода та процесу виробництва [27-29].

- Витік зворотного струму

Зворотний струм витоку - це струм, який протікає через світлодіод у зворотному напрямку. Це відбувається, коли напруга подається в протилежному напрямку. Зворотний струм витоку світлодіода має бути якомога меншим, щоб забезпечити належну роботу та тривалий термін служби [27-29].

1.5.2 Фактори, що впливають на продуктивність світлодіодів

- Теплопровідність

Критичним фактором, що впливає на продуктивність світлодіодів, є їх здатність контролювати тепло. Світлодіоди є чутливими до температури приладами. Якщо їх не охолодити належним чином, вони можуть погіршитися. Це знизить ефективність і скоротить термін служби. Тому важливо забезпечити належне керування температурою, щоб підтримувати продуктивність світлодіода [27-29].

- Робочий струм

Іншим критичним фактором, який впливає на продуктивність світлодіодів, є робочий струм. Світлодіоди працюють на певному рівні струму. Перевищення цього струму може скоротити термін їх служби, знизити ефективність і спричинити поломку. З іншого боку, недостатня потужність світлодіода може призвести до зниження світловіддачі та скорочення терміну служби. Тому вкрай важливо підтримувати правильний робочий струм, щоб забезпечити оптимальну продуктивність світлодіодів [27-29].

- Старіння

Як і будь-який інший електронний пристрій, світлодіоди також старіють. З часом це може вплинути на їх продуктивність. Зі старінням світлодіодів їх ефективність знижується, а світловіддача зменшується. Цей

процес відомий як амортизація просвіту. І це може прискоритися під впливом тепла, вологості та інших факторів навколишнього середовища. Тому важливо враховувати очікуваний термін служби світлодіода. Також враховуйте очікувану швидкість деградації при проектуванні системи освітлення [27-29].

- Зміна кольору

Іншим фактором, що впливає на продуктивність світлодіодів, є зміна кольору. Колір світлодіода змінюється з часом через зміни люмінофорного матеріалу. Це може призвести до небажаної зміни кольору в системі освітлення. Це робить його менш привабливим або навіть непридатним для використання за призначенням [27-29].

- Оптика

Оптика, яка використовується в системі світлодіодного освітлення, також може істотно впливати на її продуктивність. Правильна оптика допоможе рівномірно розподілити світло. Таким чином, це максимізує ефективність світлодіода. Навпаки, погана оптика може спричинити втрату або розсіювання світла. Це знижує загальну ефективність системи [27-29]. Отже, для забезпечення оптимального функціювання світлодіода потрібно технічні характеристики повинні мати досить високу стабільність, щоб продуктивність була ефективною. Забезпечення такої стабільності в багатьох випадках залежить від джерела живлення світлодіода. Такі джерела живлення називаються драйверами (LED драйверами) [27-29].

1.5.3 Основні типи драйверів, класифікація, параметри, особливості

Основні типи драйверів для УФ (UV) світлодіодів, як і для інших світлодіодів, поділяються на драйвери постійного струму (CC) (для потужних послідовних з'єднань) та драйвери постійної напруги (CV) (для паралельних стрічок), а за типом конструкції бувають лінійними (Linear), лінійними з

мікросхемою (Linear IC) та з інтегральною мікросхемою (IC), які відрізняються ефективністю та захистом від стрибків. Вибір залежить від конфігурації LED-системи та вимог до стабільності живлення [27-29].

Основні класифікації:

За типом стабілізації виходу:

1. Постійний струм (Constant Current, CC): регулює струм, а напруга підлаштовується. Використовується для потужних УФ-світлодіодів та матриць, де точність струму критична для довговічності.

2. Постійна напруга (Constant Voltage, CV): забезпечує стабільну напругу (наприклад, 12V, 24V), а струм змінюється залежно від навантаження. Підходить для УФ-стрічок.

За конструкцією (внутрішній тип):

1. Лінійні (Linear): прості, але найменш захищені від коливань напруги. Використовуються рідше в потужних застосуваннях.

2. Лінійні з IMC (Linear IC): простіші мікросхеми, що пропонують кращий захист в обмеженому діапазоні.

3. З інтегральною мікросхемою (IC): найбільш надійні та складні, забезпечують стабільну роботу та активний захист від стрибків струму/напруги [27-29].

Важливі параметри для вибору:

- Тип підключення: послідовне (CC) чи паралельне (CV) з'єднання УФ-діодів.
- Вхідна напруга: драйвер має відповідати вашій мережі (12V, 220V).
- Функції димування: якщо потрібне регулювання яскравості, драйвер має підтримувати потрібний метод (DALI, 0-10V).
- Захист: високий рівень IP для вологих чи запилених умов.

Для УФ застосувань, особливо потужних, найчастіше використовують драйвери постійного струму (CC) з хорошими інтегральними мікросхемами для забезпечення стабільності та безпеки [27-29].

Імпульсні драйвери для УФ світлодіодів – це спеціалізовані джерела стабілізованого струму, які перетворюють AC/DC або DC/DC напругу у потрібний постійний струм для живлення УФ світлодіодів (LED). Вони бувають різних типів (наприклад, для 1-3W LED, або потужніші 3A) та забезпечують стабільну роботу приладів, часто з можливістю регулювання яскравості (диммування) через змінні резистори чи ШІМ, захищаючи світлодіоди від перевантаження та перегріву [27-29].

Ключові особливості та функції:

- Стабілізація струму: основна функція – подача стабільного струму (наприклад, 350mA, 3A) незалежно від коливань вхідної напруги, що критично для довговічності LED.
- Типи: існують драйвери для різних потужностей і напруг (наприклад, 7-30V, 220V), а також універсальні AC/DC або DC/DC рішення.
- Регулювання: багато моделей дозволяють керувати яскравістю через аналоговий вхід (змінний резистор) або PWM (ШІМ), що корисно для ліхтарів, відеосвітла та інших пристроїв.
- Захист: можуть мати захист від низької напруги (для акумуляторів) та перегріву.

Де застосовуються:

- УФ-ліхтарі та лампи для детекції, полімеризації, стерилізації.
- Системи відеосвітла.
- Декоративне та спеціалізоване освітлення [27-29].

Отже, темою дипломної роботи є розробка драйвера потужного УФ світлодіода.

Для досягнення мети у роботі потрібно виконати такі завдавння:

1) на підставі аналізу існуючих систем обрати ефективну схему драйвера потужного УФ світлодіода;

2) розробити структурну схему пристрою;

3) провести моделювання основних функціональних блоків пристрою за допомогою САПР електронних схем;

4) розробити заходи із норм дотримання умов безпеки праці та техногенної безпеки.

2 Розробка драйвера потужного УФ світлодіода

2.1 Структурна схема драйвера потужного УФ світлодіода

Урахувавши зауваження та висновки розділу 1, будуємо структурну схему драйвера УФ світлодіода (рисунок 2.1).

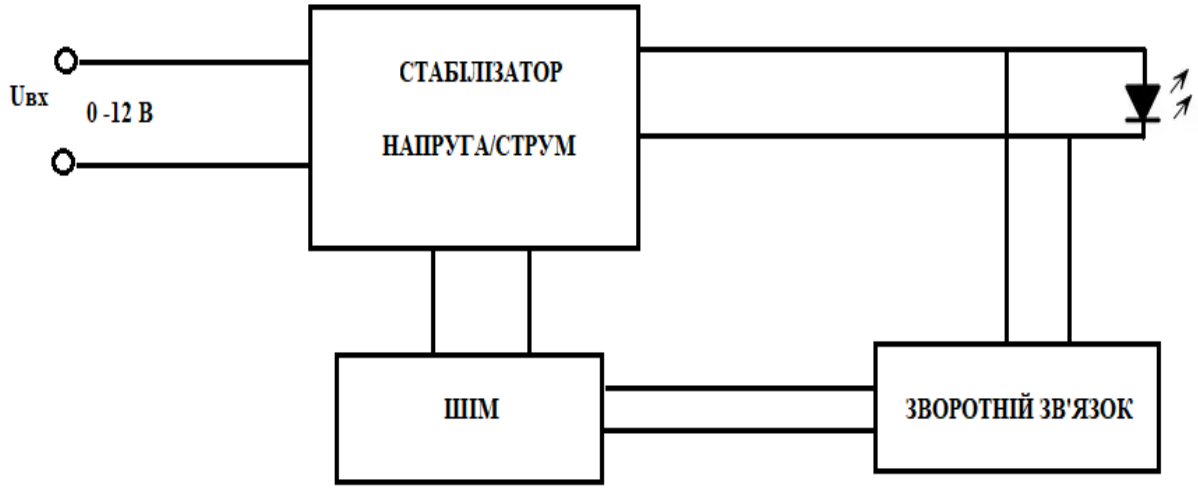


Рисунок 2.1 – Структурна схема драйвера потужного УФ світлодіода

Практичне використання розроблюваної схеми спрямоване на компактні системи випромінювання УФ діапазону, тому критерієм вибору джерела світла, окрім діапазону випромінювання, є такі парамери, як напруга, робочий струм та розсіювана електрична потужність. У цьому випадку потужними будемо вважати світлодіоди з розсіюваною потужністю 1 Вт – 3 Вт. Використання світлодіодів більшої потужності може призвести до збільшення габаритів схеми за рахунок додаткової системи охолодження.

У якості джерела живлення використовуємо джерело постійної напруги 0 – 12 В (батарея живлення «Крона» 9 В, автомобільний акумулятор 12 В).

2.2 Ультрафіолетовий світлодіод

У якості джерела світла обираємо УФ світлодіодний модуль 265 нм 285 нм компанії Shenzhen Santang Lighting Co., Ltd. [17]. На рисунку 2.2 представлені зовнішній вигляд та габаритні параметри світлодіодного модуля.

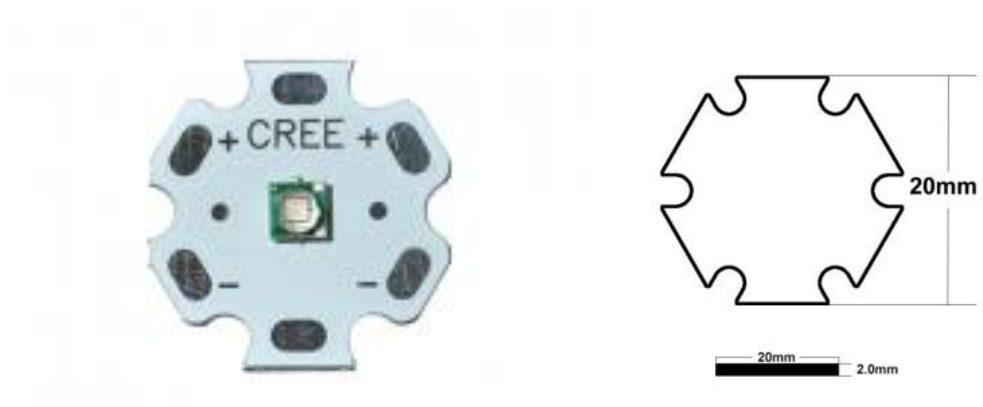


Рисунок 2.2 – Світлодіодний модуль 265 нм 285 нм компанії Shenzhen Santang Lighting Co., Ltd [17].

Технічні характеристики [17]:

- Довжина хвилі: 265–285 нм (UVC-діапазон)
- Потужність: 1 Вт
- Оптична потужність: 15–25 мВт
- Робоча напруга: 3,7 – 5 В
- Робочий струм: 120 мА
- Підкладка: алюмінієва, 20 мм
- Тип випромінювання: глибоке ультрафіолетове (UVC)

Застосування:

- Стерилізація поверхонь, інструментів та приміщень
- Очищення та дезінфекція води й повітря
- Антибактеріальні пристрої
- Лабораторні дослідження

Модуль складається із світлодіода, який розміщений на спеціальній алюмінієвій тепловідвідній підкладці.

2.3 Вибір схеми стабілізатора драйвера потужного УФ світлодіода

Зважаючи на те, що робоча напруга обраного світлодіода знаходиться у діапазоні 3 – 8 В, у якості схем стабілізації струму та напруги будемо використовувати понижуючі DC – DC перетворювачі напруги.

Проаналізуємо найбільш поширені схеми низьковольтних стабілізаторів.

2.3.1 Лінійний стабілізатор на мікросхемі LM317

LM317 - одна з найбільш широко використовуваних інтегральних схем. Вхідна напруга стабільно перетворюється на необхідну вихідну напругу, щоб забезпечити стабільний та надійне живлення для ланцюга або пристрою. LM317 має широкий діапазон вихідної напруги від 1,2 В до 37 В і струм навантаження до 1,5А. На рисунку 2.3 зображена схема LM317 та приклад практичного застосування [30 Матеріали сайту ST Microelectronics group of companies URL: https://www.st.com (дата звернення 01.02.2026)].

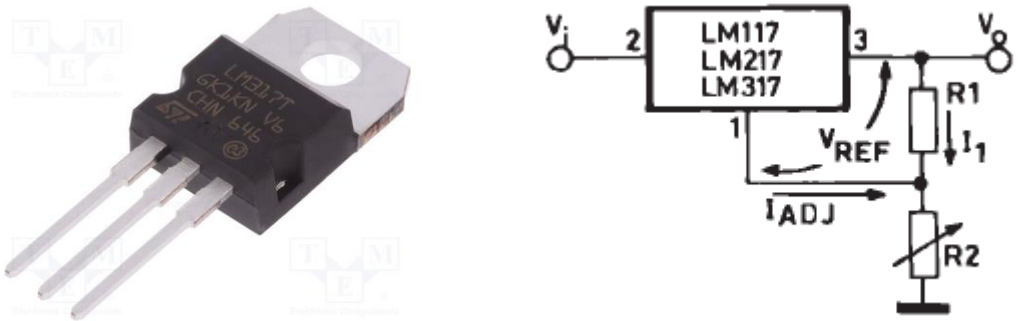


Рисунок 2.3 - Мікросхема LM317

На рисунку 2.4 представлена структурна схема LM317 [30].

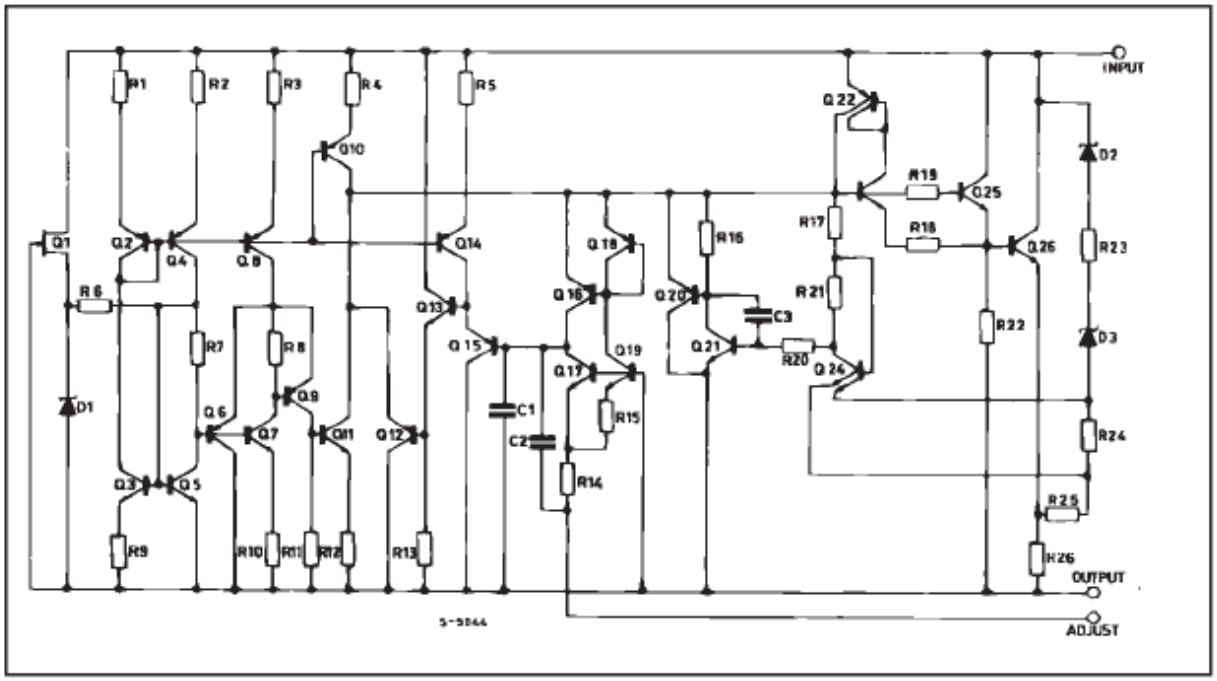


Рисунок 2.4 - Структурна схема LM317

Використання LM317 дуже просте, вимагаючи лише двох зовнішніх резисторів для встановлення потрібної вихідної напруги. Крім того, LM317 пропонує кращу лінійність та регулювання навантаження, ніж стандартні фіксовані регулятори, і різноманітні захисні схеми інтегруються в LM317 для забезпечення стабільної та надійної роботи, включаючи захист перевантаження та захист безпечної зони.Зазвичай LM317 не потребує зовнішніх конденсаторів, але якщо з'єднання від конденсатора вхідного фільтра до входу LM317 становить більше 6 дюймів (близько 15 см), рекомендується зовнішні конденсатори.Використання вихідних конденсаторів також покращує перехідну характеристику [14, 27, 28].

Блок регулятора напруги LM317 має мінімальний стабільний робочий струм, іноді також називається мінімальним вихідним струмом або мінімальним струмом розряду. Зазвичай значення цього мінімального стабільного робочого струму становить приблизно 1,5 мА. Через відмінності у виробниках та моделях блоку регулятора напруги LM317, специфічне значення мінімального стабільного робочого струму також може бути різним, але, як правило, не перевищує 5 мА. Коли вихідний струм блоку

регулятора напруги LM317 нижчий, ніж його мінімальний стабільний робочий струм, він не буде працювати належним чином.Навпаки, коли вихідний струм перевищує цей поріг, блок регулятора напруги LM317 може виводити стабільну напругу постійного струму.

При виготовленні регульованого джерела живлення на основі блоку регулятора напруги LM317 обов'язково треба звертати увагу на мінімальний стабільний робочий струм [14, 27, 28].

2.3.2 Лінійний стабілізатор на мікросхемі CN5711

На рисунку 2.4 представлена схема лінійного стабілізатора на IMC CN5711[31].

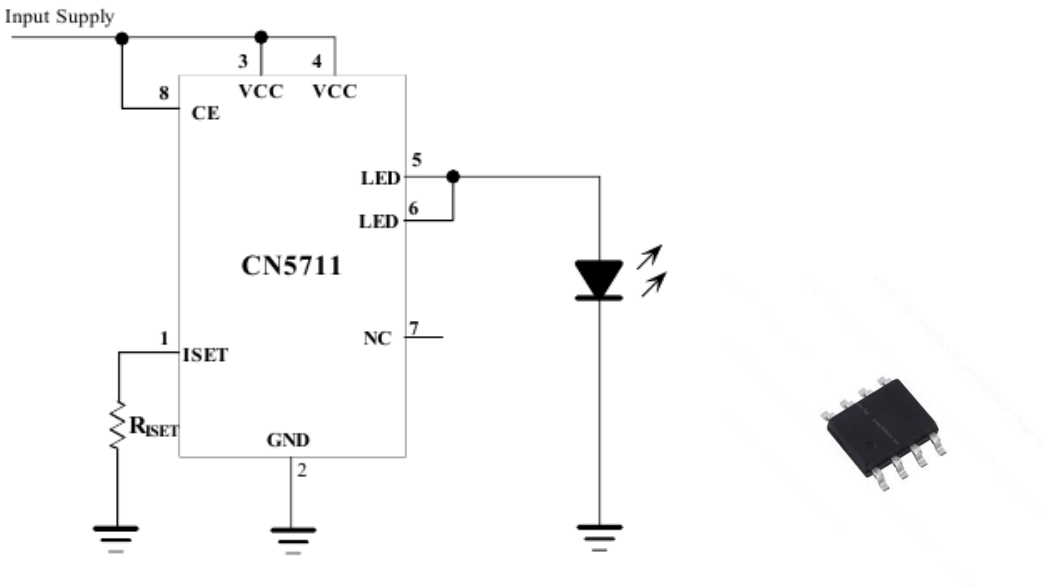


Рисунок 2.4 - Схема лінійного стабілізатора на IMC CN5711

CN5711 — це інтегральна мікросхема для стабілізації струму світлодіодів (LED driver). Вона підтримує постійний вихідний струм до 1,5 А і працює в широкому діапазоні напруги живлення [31].

Основні технічні характеристики [31]:

Функція: драйвер струму для світлодіодів (LED driver IC).

Діапазон напруги живлення: 2.8 В — 6 В.

Вихідний струм: до ~1.5 А (може бути встановлений зовнішнім резистором).

Корпус: SOP-8 (8-вивідний).

Низький пад напруги: ~0.37 В при 1.5 А (низькі втрати).

Точність струму: ±5 %.

Захист: має захист від перевантаження за струмом і регулювання по температурі, щоб уникнути перегріву.

Температурний діапазон роботи: приблизно від −40 °C до +85 °C.

Основні функції та можливості:

1. Регулювання постійного струму: забезпечує стабільний струм через світлодіод, що дозволяє уникати мерехтіння та перевантаження.

2. Вбудований MOSFET: полегшує побудову драйверних схем без великої кількості зовнішніх компонентів.

3. Функція включення/вимикання (Chip Enable): дозволяє вмикати/вимикати драйвер, знижуючи споживання струму в режимі очікування.

4. Температурне регулювання: при сильному нагріванні чіп може зменшувати вихідний струм, щоб запобігти пошкодженню.

5. Захист від перевантаження: якщо струм перевищує певний поріг (~1.9 А), вмикається захист.

Застосування

CN5711 зазвичай застосовують у різних пристроях, де потрібно керувати світлодіодами великої яскравості: ліхтарі та ліхтарики; освітлення з LED; автомобільні LED-фари; аварійне світло та інше LED-освітлення [31].

2.3.3 Імпульсний стабілізатор на мікросхемі XL4015

Використання лінійних стабілізаторів у схемах LED драйверів значно спрощує схемотехнічну реалізацію пристрою, але не має автоматизованої схеми керування вихідних параметрами, порівняно із вихідними (схема зворотнього зв'язку) [14, 27, 28].

Тому, наступним етапом розробки був аналіз схем із можливістю реалізації керування вихідними парамерами. Для цього найпростішим варіантом є використання імпульсної схеми стабілізації струму/напруги [14, 27, 28].

Для аналізу обираємо одну із найбільш популярних схем лінійних стабілізаторів для згижуючих джерел живлення – схему стабілізатора на IMC XL4015[32].

На рисунку 2.5 представлена схема стабілізатора на IMC XL4015.

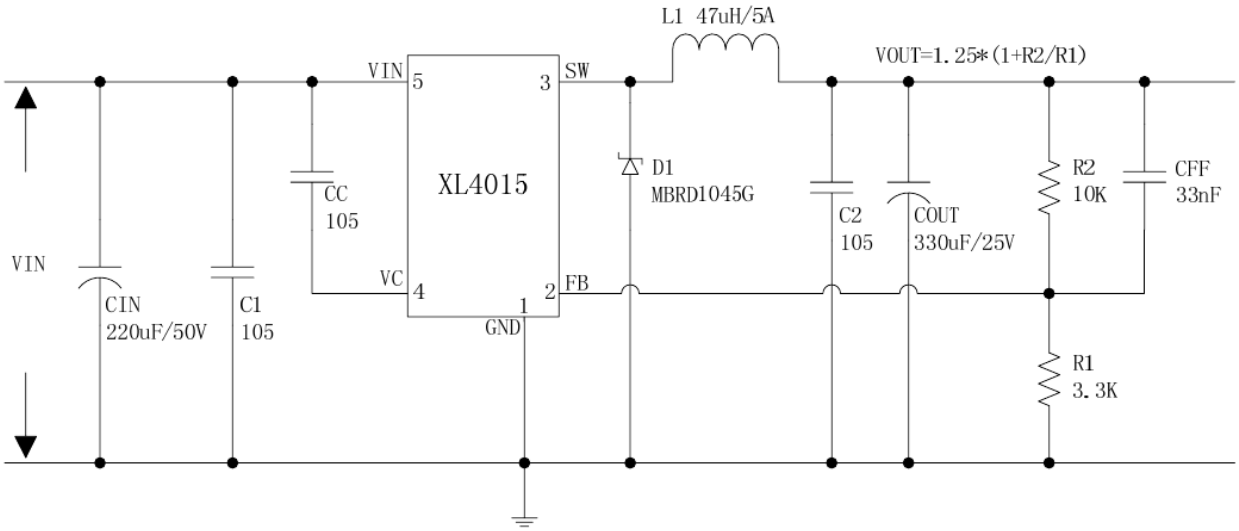


Рисунок 2.5 - Схема драйвера із імпульсним стабілізатором на IMC XL4015

На рисунку 2.6 представлена функціональна схема XL4015 [32].

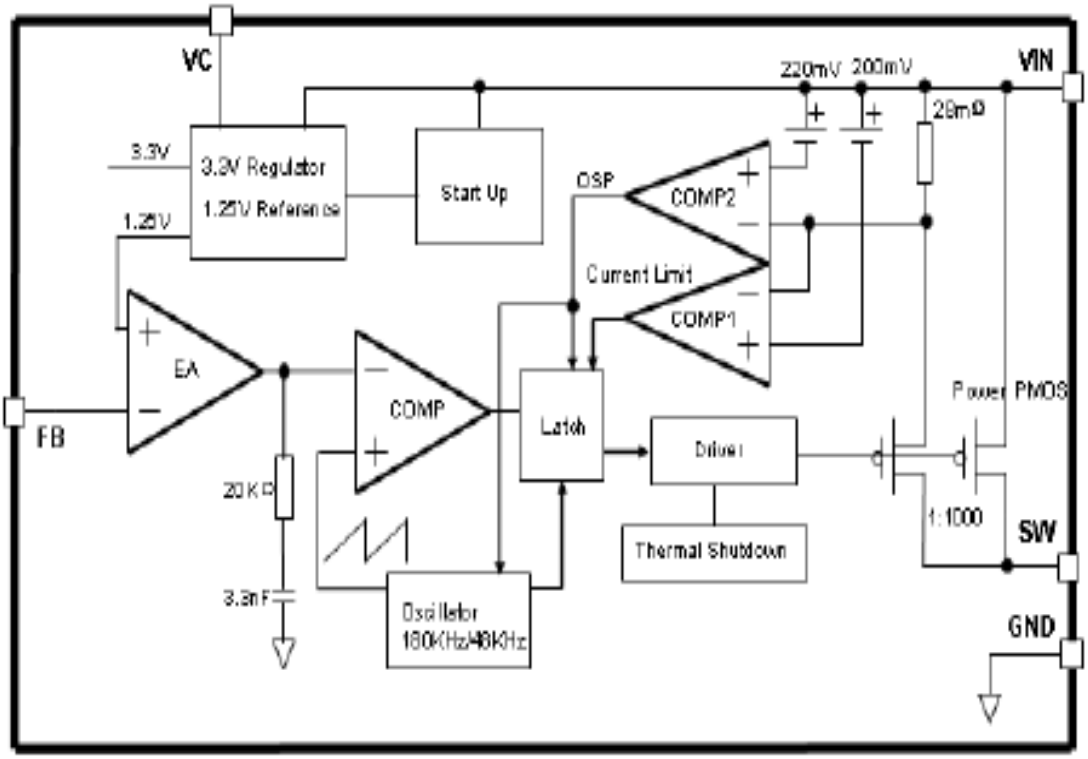


Рисунок 2.6 - Функціональна схема драйвера із імпульсним стабілізатором на IMC XL4015

Функцію вимкнення сигналів логічного рівня можна використовувати в типових системних застосуваннях із зовнішніми компонентами. Коли висока напруга TTL перевищує 3,3 В (відносно землі, нижче VIN), перетворювач вимкнеться, а вхідний струм буде менше 5 мА; коли низька напруга TTL нижче 0,8 В (відносно землі), перетворювач увімкнеться [32].

На рисунку 2.7 представлена типова макетна реалізація імпульсного драйвера із імпульсним стабілізатором на IMC XL4015 [32].

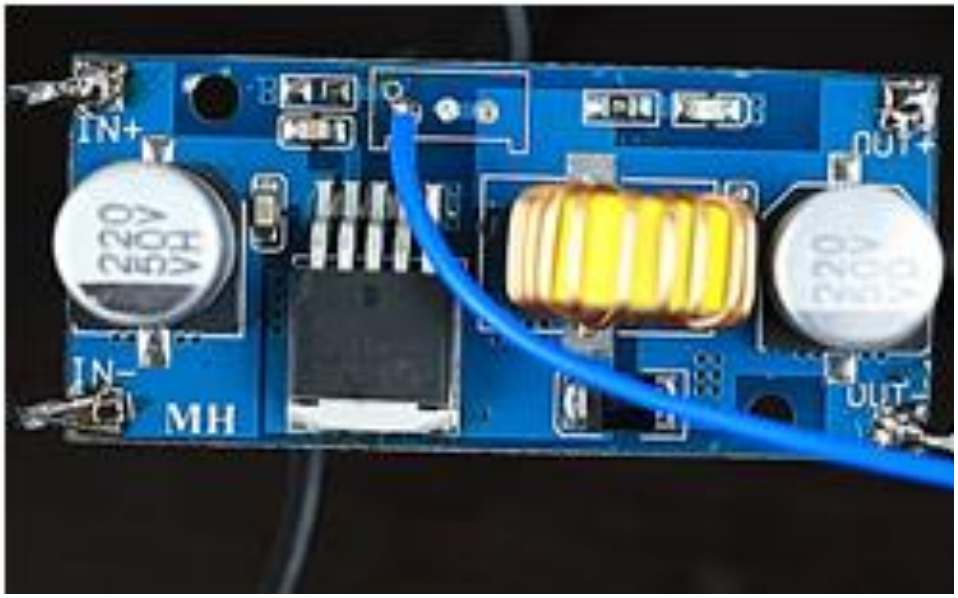


Рисунок 2.7 - Типова макетна реалізація драйвера із імпульсним стабілізатором на IMC XL4015 [32].

На рисунку 2.8 предсталена система зворотного зв’язку, яка забезпечується у драйвері [32].

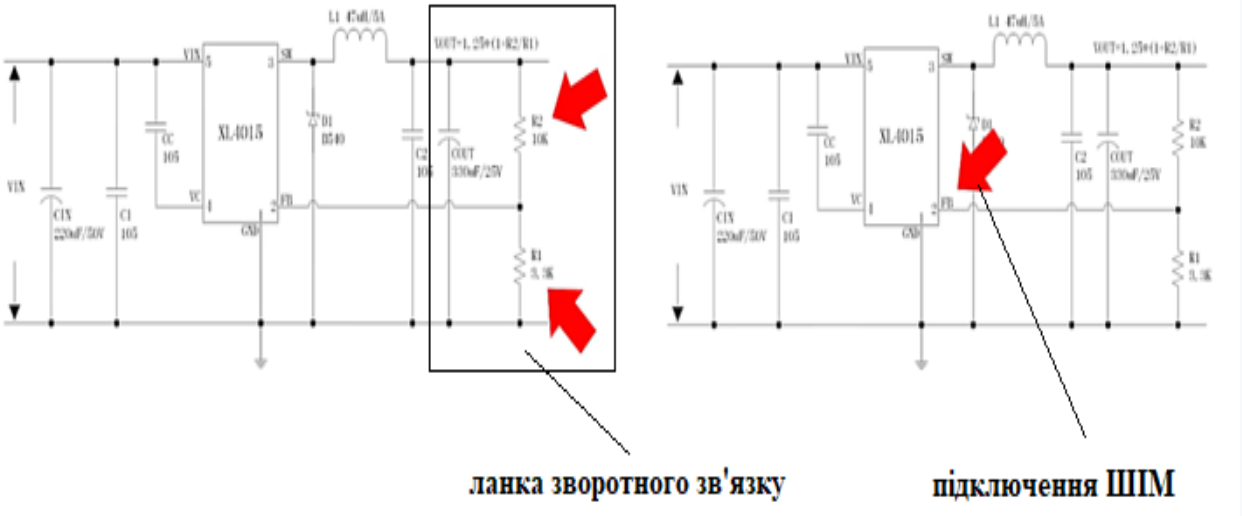


Рисунок 2.8 - Система зворотного зв’язку драйвера на IMC XL4015

У якості регулювання вихідної потужності світлодіода рекомендовано використовувати широтно-імпульсний модулятор (ШІМ) [27].

2.3.4 Перевірка функціональності схем стабілізаторів

Функціональність схем перевірялись за допомогою online симуляторів Multism та Proteus [33, 34]. У редакторі Multism було проведено моделювання схеми LM317 (рисунки 2.9 та 2.10). У редакторі Proteus було проведено моделювання імпульсного стабілізатора XL4015 (рисунки 2.11 та 2.12 відповідно) [33, 34].

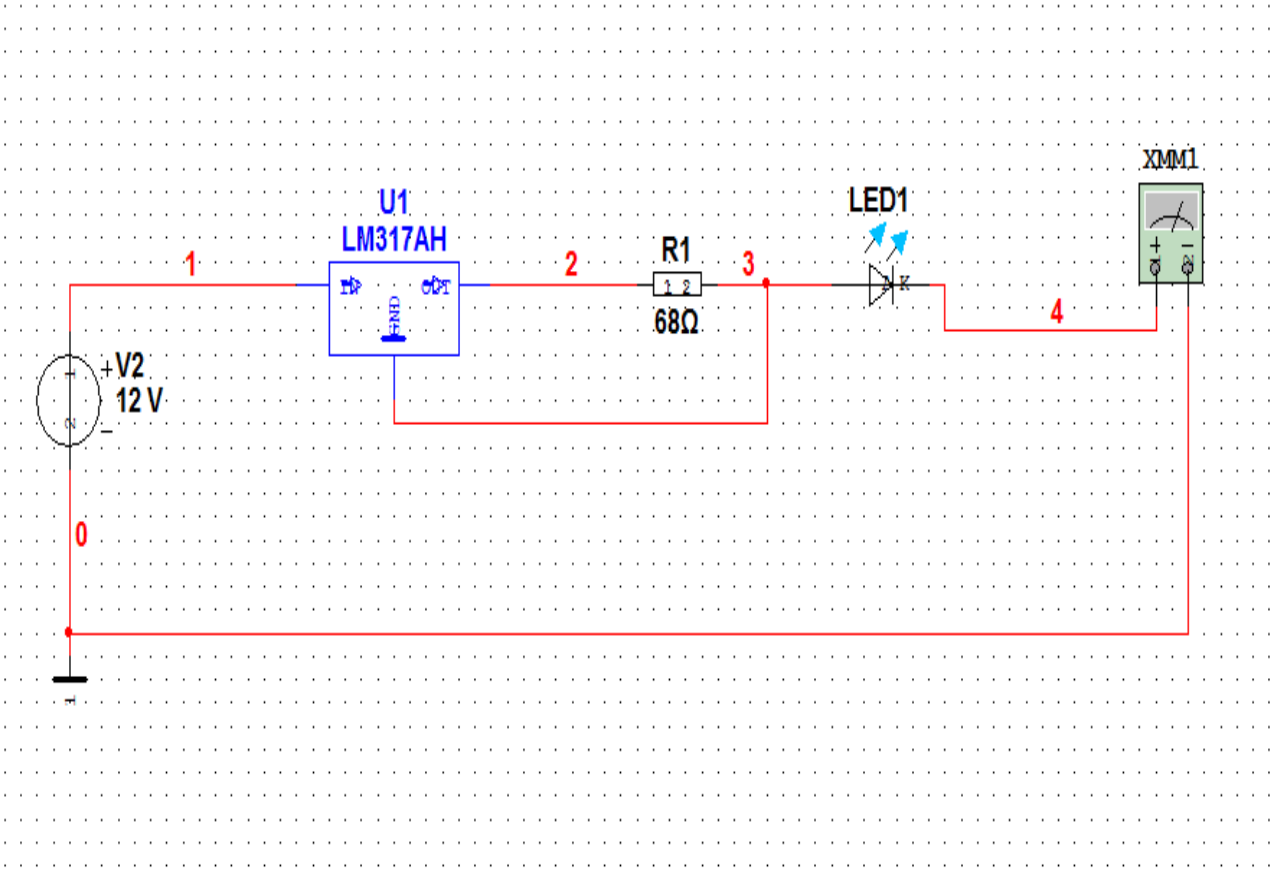


Рисунок 2.9 –Електрична схема лінійного стабілізатора на ІМС LM317 у редакторі Multism

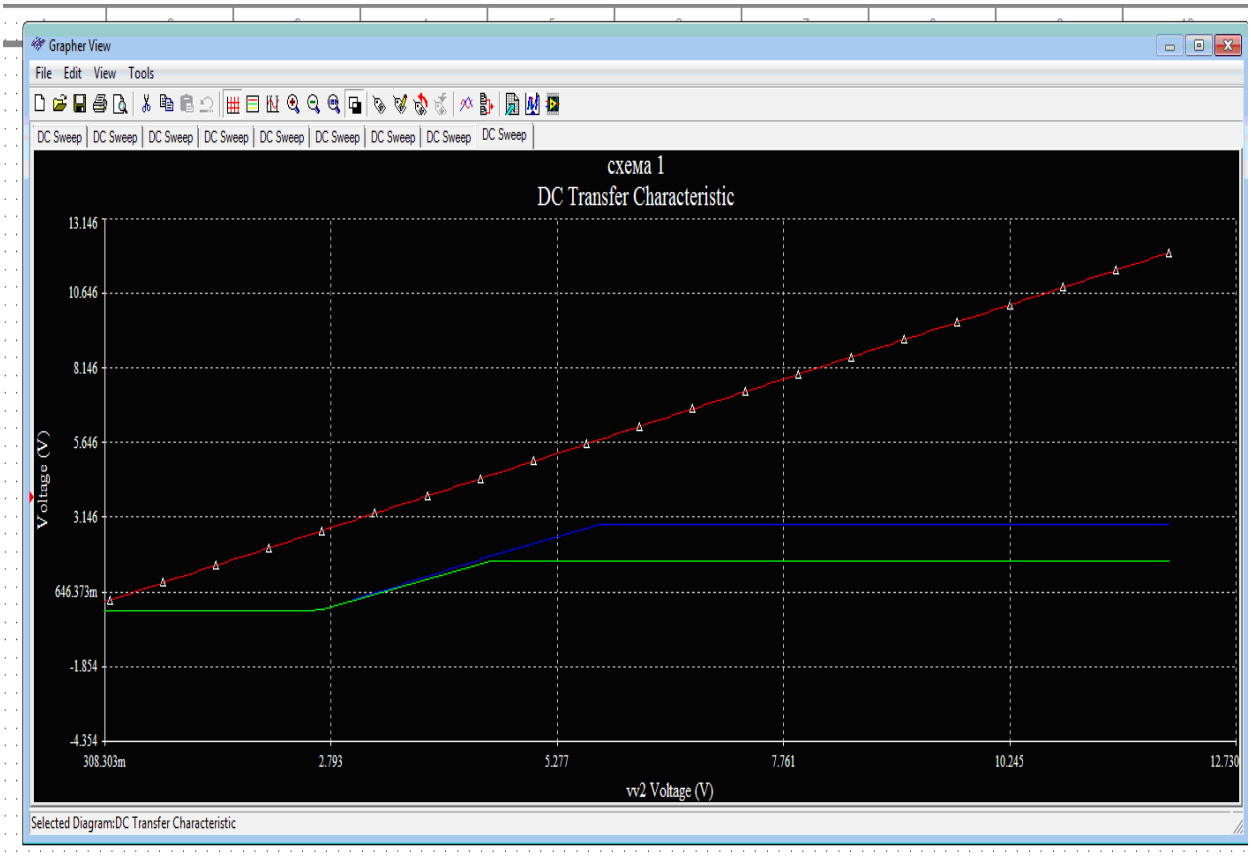


Рисунок 2.10 – Результати моделювання лінійного стабілізатора на IMC LM317 у редакторі Multism: червона лінія- це вхідна напруга , синя лінія -це напруга на світлодіоді

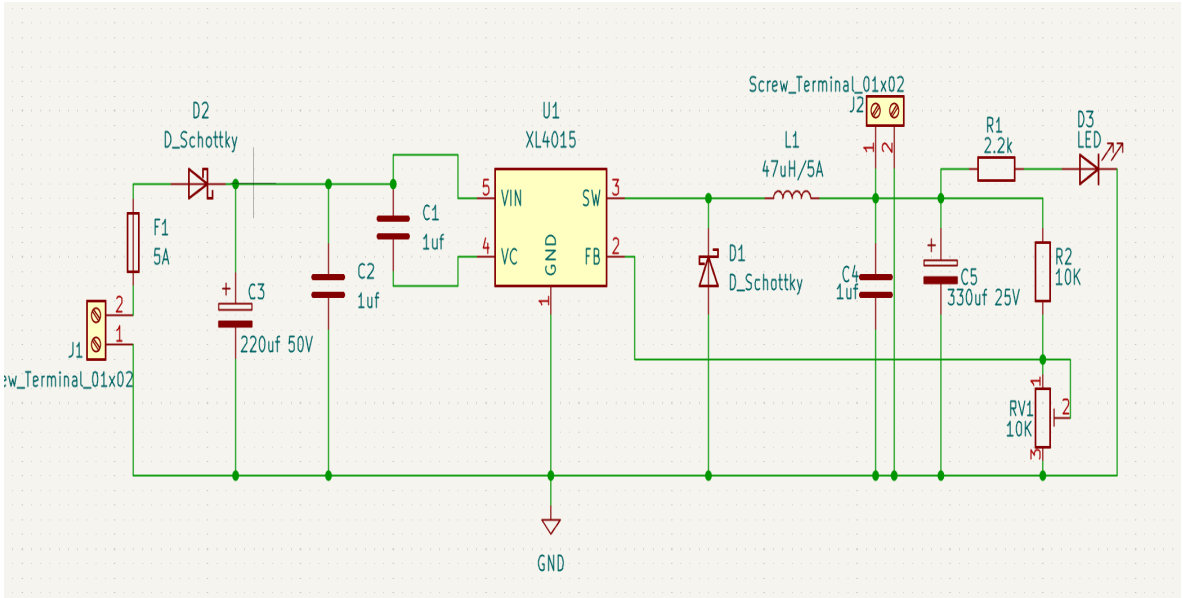


Рисунок 2.11 - Електрична схема імпульсного стабілізатора XL4015 редакторі Proteus



Рисунок 2.12 – Результати моделювання імпульсного стабілізатора XL4015 у редакторі Proteus: жовта лінія- це сигнал ШІМ, зелена лінія -це напруга на світлодіоді

Як показали макетні випробування, лінійні стабілізатори, незважаючи на простоту схемотехнічної реалізації та стабільність параметрів, мають досить сильний температурний наргів. Це є небезпечним чинником, який може призвести до пошкодження компонентів пристрою. У той же час, імпульсний стабілізатор XL4015, як видно із макетної реалізації (рисунок 2.7) містить громіздкі елементи, що також може негативно вплинути на роботу драйвера і погіршити його габаритні показники.

2.4 Електрична схема стабілізатора драйвера потужного УФ світлодіода

2.4.1 Мікросхема BP1371

Із урахуванням проведеного аналізу, для подальшої роботи обираємо схему драйвера на IMC BP1371[35].

На рисунку 2.13 представлений приклад типового підключення мікросхеми BP1371у складі драйвера світлодіода.

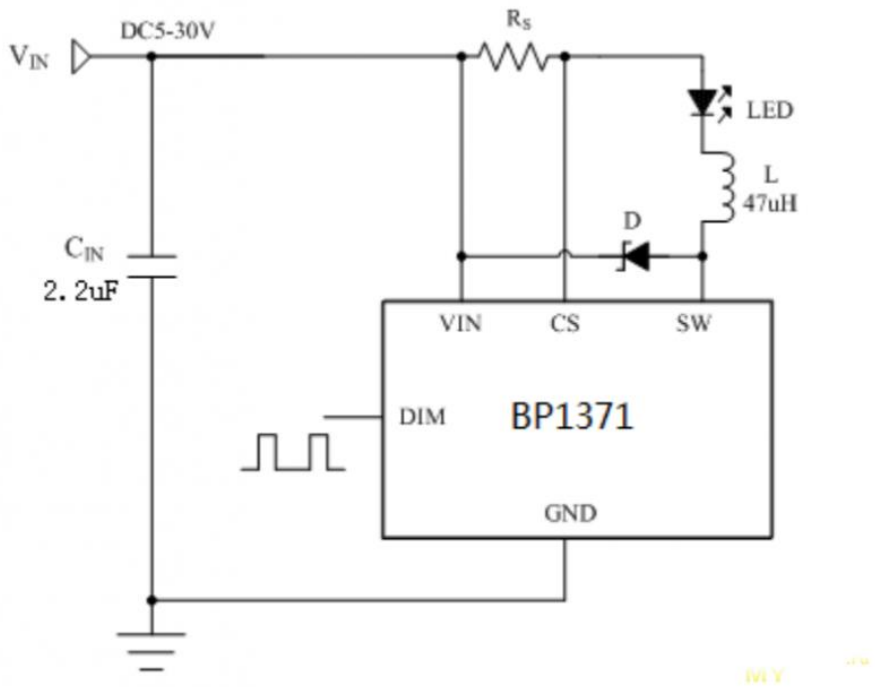


Рисунок 2.13 – Схема підключення мікросхеми BP1371 у складі драйвера світлодіода.

BP1361 — це індуктивний понижувальний перетворювач безперервної провідності, призначений для ефективного керування одним або кількома послідовно з'єднаними світлодіодами від джерела напруги, що перевищує загальну напругу ланцюга світлодіодів.

Завдяки невеликій кількості зовнішніх компонентів, BP1361 забезпечує високе співвідношення ціни та якості для таких застосувань: світлодіоди MR16 для освітлення чашок, світлодіоди для сценічного освітлення, світлодіоди для автомобільного освітлення, світлодіоди для сонячного освітлення та вуличне освітлення.

Пристрій працює від вхідного джерела живлення від 5 В до 30 В, а номінальний середній вихідний струм встановлюється зовнішнім резистором. Пристрій забезпечує зовнішнє регулювання вихідного струму до 750 мА для одного світлодіода. Завдяки запатентованій технології постійний струм світлодіода може становити до ±3%. Виділений контакт DIM приймає або регулювання яскравості постійною напругою (0,5 В ~ 2,5 В), або широкий

діапазон імпульсного регулювання яскравості. Подача напруги 0,3 В або нижче до виводу DIM вимикає вихід і перемикає пристрій у режим очікування з низьким струмом [35].

2.4.2 Пасивні і активні компоненти драйвера

У якості стабілітрона обираємо діод Шоткі серії SS (рисунок 2.14) [36].

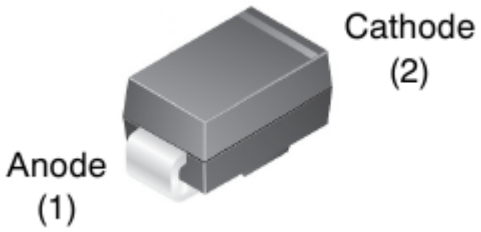


Рисунок 2.14 – Стабілітрон серії SS

Серія SS12-S100 включає високоефективні випрямлячі Шотткі загального призначення з низькими втратами потужності. Структура з затискними віжками забезпечує високі теплові характеристики та низький електричний опір.

Основні характеристики

Вхідна напруга: 4.5 – 35 В

Частота перемикання: до 1.5 МГц

Точність струму: ±6%

Опорна напруга: ~200 мВ

Необхідна індуктивність схеми забезпечується дроселем 47 мкГн (рисунок 2.1) [37].

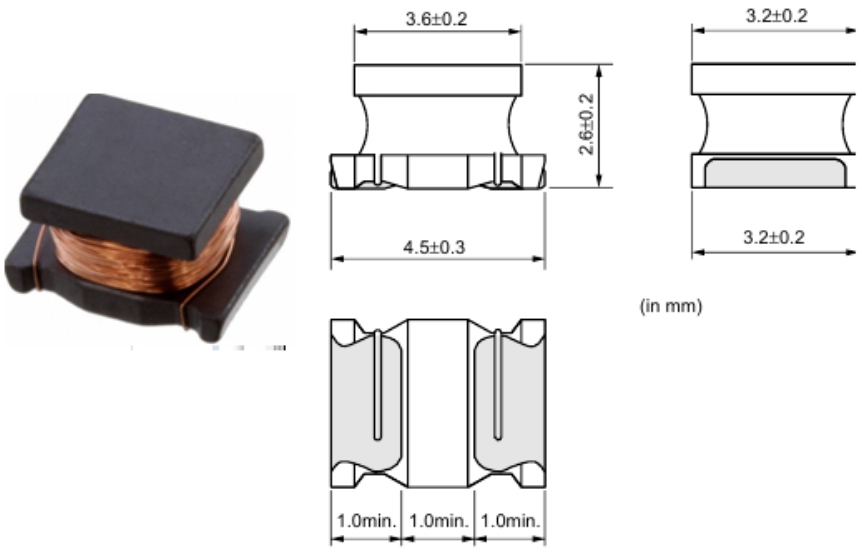


Рисунок 2.15 – Індуктивність схеми драйвера

Номінальний струм – 50 мА

Корпус - SMD 1812

Розмір - 4.5×3.2×2.6 мм

Вихідний струм встановлюється зовнішнім резистором Rs≥0.12 Ом (рисунок 2.16) [38].

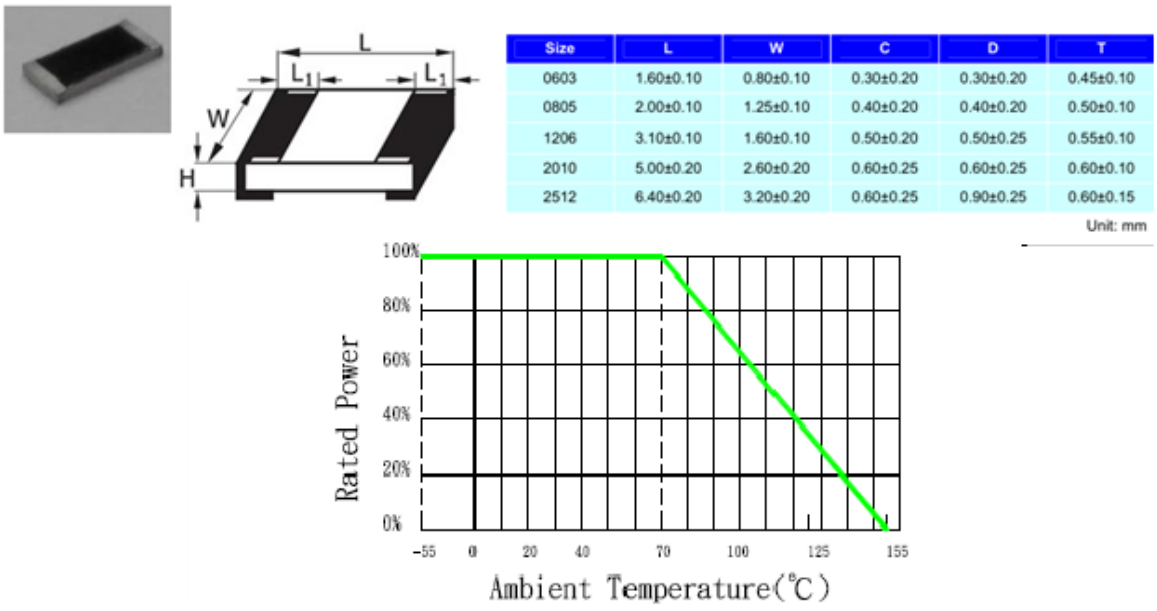


Рисунок 2.16 – Резистор вихідного струму

Ємність на вході схеми забезпечується конденсатором ємністю 2.2 мкФ інапругою 50 В(рисунок 2.17) [39].



Рисунок 2.17 – Вхідний конденсатор схеми

Габарити:діаметр – 3 мм, висота – 5 мм

2.4.3 Перевірка функціональності схеми драйвера

Функціональність схеми драйвера перевірялась за допомогою симулятора проєктування електронних схем Multism [34].

У якості моделі було використано складену багатофункціональну мікросхему UC3842, так як на момент проведення досліджень у редакторі була відсутня інформація на мікросхему BP1371.

Структура мікросхеми UC3842 представлена на рисунку 2.18 [40].

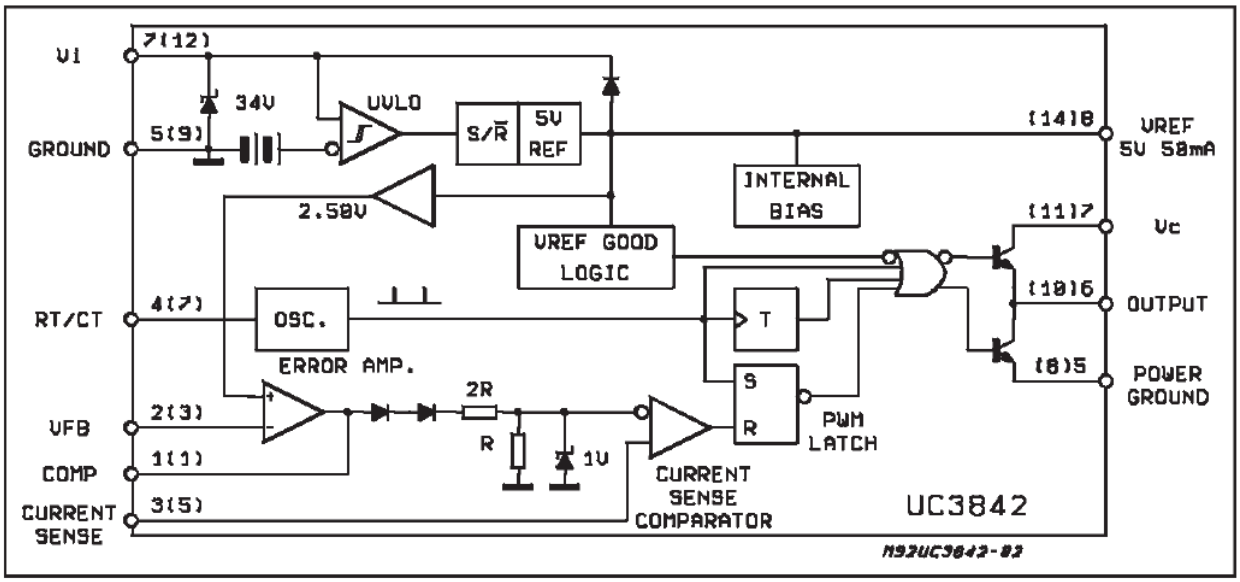


Рисунок 2.18 Структура мікросхеми UC3842

Мікросхема UC3842 забезпечує необхідні функції для реалізації схем керування струмом в автономному режимі або з фіксованою частотою постійного струму з мінімальною кількістю зовнішніх деталей.

Внутрішньо реалізовані схеми включають блокування за зниженою напругою, яка має пусковий струм менше 1 мА, прецизійний опорний сигнал, підлаштований для точності на вході підсилювача помилки,логіку для забезпечення фіксованої роботи, ШІМ-компаратор, який також забезпечує керування обмеженням струму, та вихідний каскад з тимчасовим полюсом, призначений для джерела або споживаннявисокого пікового струму. Вихідний каскад, придатний для керування N-канальними МОП-транзисторами, має низький рівень у вимкненому стані.

Модель схеми драйвера представлена на рисунку 2.19.

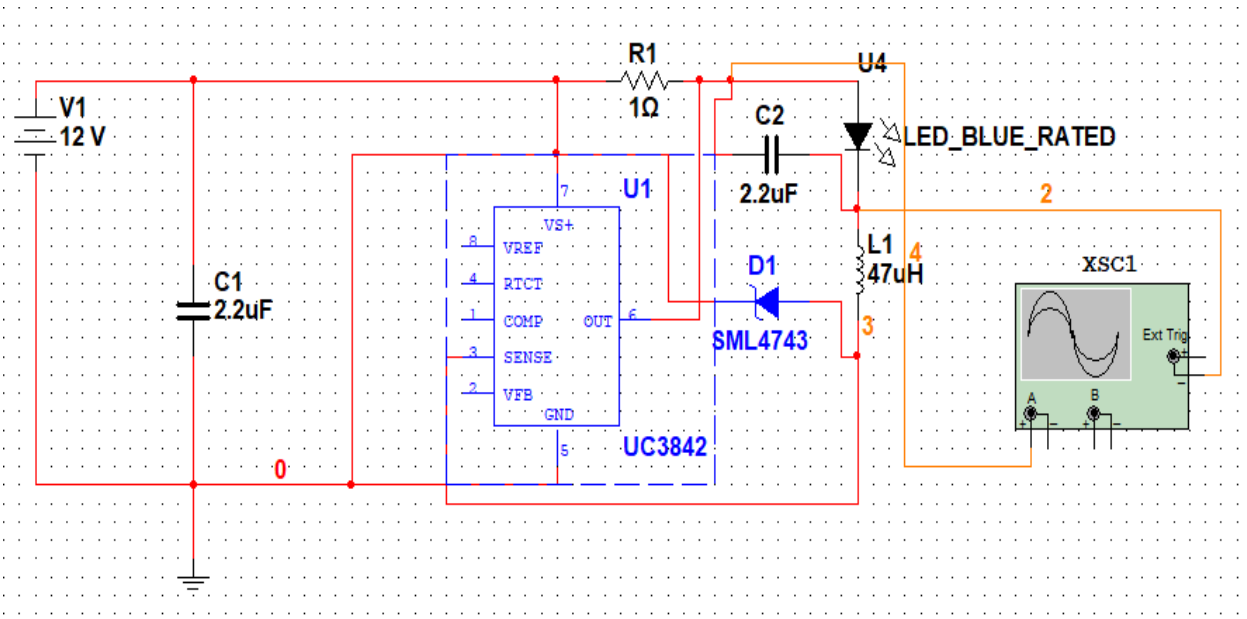


Рисунок 2.19 – Схема драйвера УФ світлодіода у радакторі Multism

На рисунку 2.20 представлений епюр вихідного сигналу.

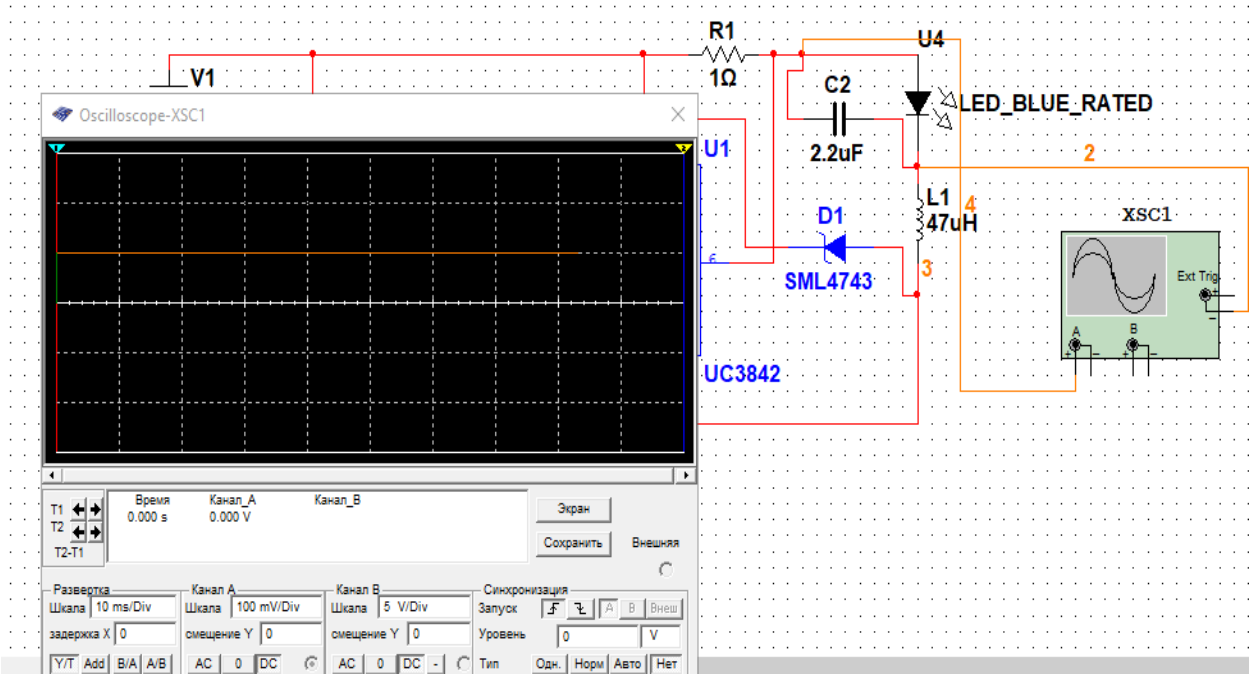


Рисунок 2.20 – Вихідний сигнал драйвера

Як видно із результатів, драйвер виконує основні свої функції – зниження вихідної напруги і добру стабільність.

2.5 Регулювання вихідної потужності драйвера УФ світлодіода

Регулювання вихідної потужності світлодіода будемо здійснювати за допомогою режима широтно-вмпульсної модуляції (ШІМ). ШІМ (широтно-імпульсна модуляція або Pulse Width Modulation (PWM)) - це один із базових методів керування аналоговими пристроями за допомогою цифрових сигналів. Незважаючи на те, що мікроконтролери, наприклад Arduino, працюють виключно з цифровими станами 0 В (LOW) і 5 В (HIGH), за допомогою ШІМ можна емулювати проміжні значення напруги, створюючи ефект «псевдоаналогового» виходу. Цей механізм широко використовується для керування яскравістю світлодіодів, швидкістю обертання двигунів постійного струму, сервоприводами, генерацією звуку та навіть у керуванні РК-дисплеями [41].

Найбільш популярними схемами ШІМ є використання спеціалізованих мікросхем, наприклад NE555, або мікроконтролерів, наприклад Arduino Uno. Але, мікросхему NE555 потрібно заздалегіть програмувати, а Arduino Uno, за замовчуванням, генерує PWM з частотою близько 490 Гц . Це знаходиться в "жовтій зоні" безпечних частот PWM для LED-освітлення. Таке значення частоти прийнятно для більшості застосувань, але для професійного освітлення варто піднімати частоту [41].

Тому, у якості забезпечення ефективного регулювання потужності випромінювання світлодіода і можливості оперативного корегування параметрів за допомогою ПК, у роботі попонується використати мікроконтролер ESP32 [42].

Зовнішній вигляд та пінконфігурація мікроконтролера ESP32 представлені на рисунку 2.21[42].

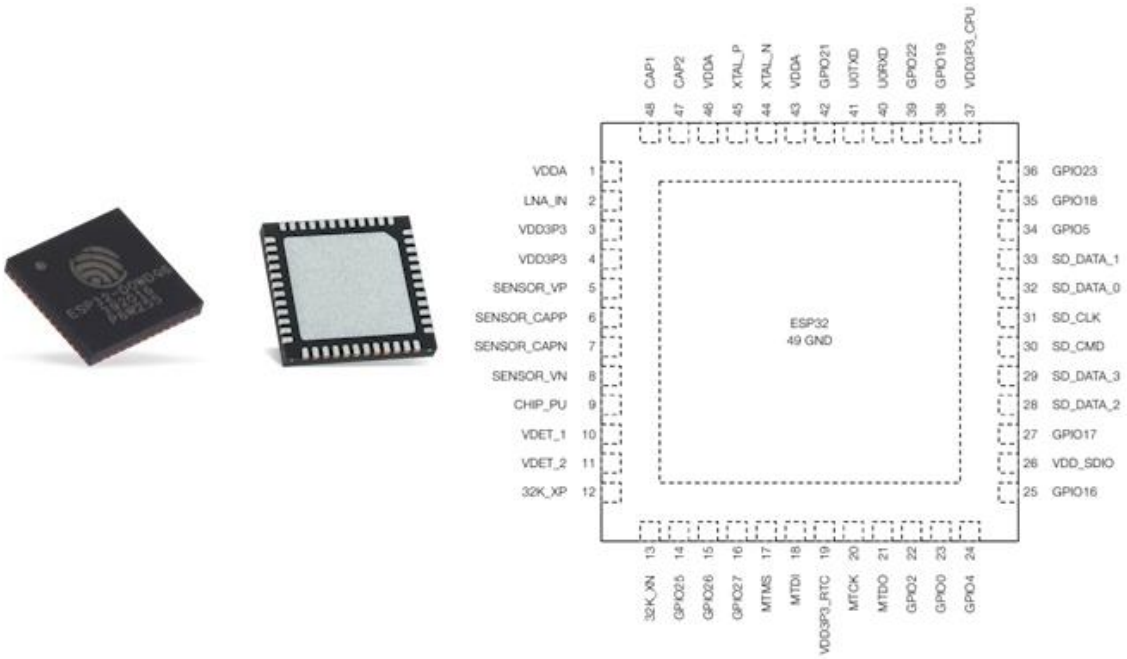


Рисунок 2.21 - Мироконтролер ESP32

На рисунку 2.22 представлена функціональна схема мікроконтролера ESP32.

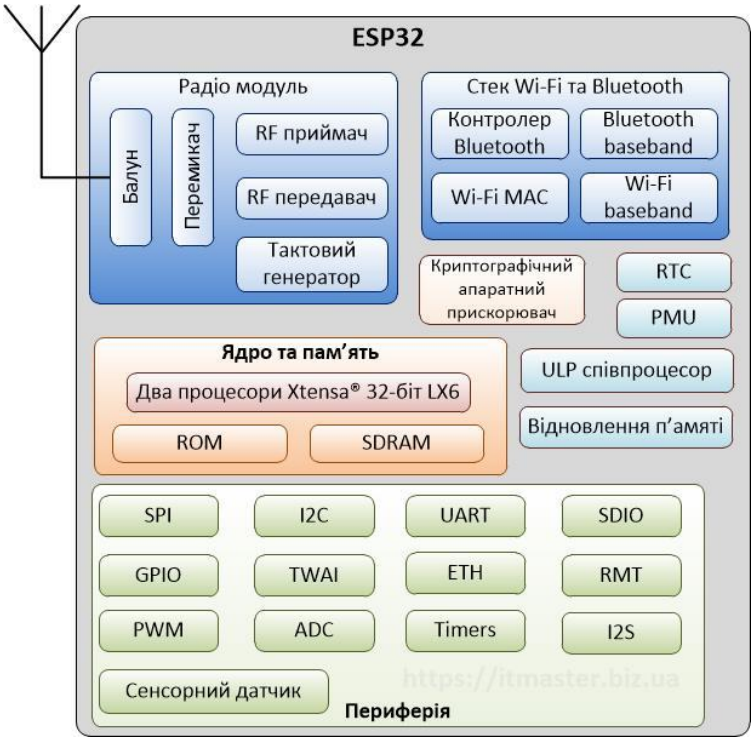


Рисунок 2.22 - Функціональна схема мікроконтролера ESP32

ESP32 - це Wi-Fi мікроконтролер китайського виробника Espressif з двоядерним 32-розрядним процесором Tensilica Xtensa LX6 та 520 Кб пам'яті SRAM. Контролер має тактову частоту до 240 МГц залежно від режиму споживання енергії [42].

Мікроконтролери цієї серії широко використовуються в проєктах розумного будинку, промислової автоматики, побутовій електроніці, робототехніці, камерах для потокового відео, розпізнаванні мови й зображень та ін.

В залежності наявності flash-пам'яті та корпусу, випускаються кілька варіантів мікроконтролерів серії ESP32 [42]:

- ESP32-D0WD-V3, ESP32-D0WDQ6-V3, ESP32-D0WD, ESP32-D0WDQ6 - не мають внутрішньої флеш-пам'яті;
- ESP32-D0WDR2-V3 - має 2 Мбайт внутрішньої пам'яті PSRAM;
- ESP32-U4WDH - має 4 Мбайт внутрішньої флеш-пам'яті;
- ESP32-S0WD - не має внутрішньої флеш-пам'яті та має лише одне ядро процесора Tensilica Xtensa LX6.

ESP32 має Wi-Fi, Bluetooth, PWM, 10 портів у режимі сенсорних кнопок, 34 виходи GPIO, три UART, два I2C, чотири SPI, два I2S, інфрачервоний контролер (прийняття-передання), CAN 2.0, 18 АЦП (12-біт) та 2 ЦАП (8-біт). Для шифрування при передачі даних по WiFi є криптографічні модулі AES і SHA.

Основні характеристики

ЦП і пам'ять ESP32

- Одно-/двоядерні 32-розрядні мікропроцесори LX6 Xtensa®.
- Оцінка CoreMark®:
  – 1 ядро на 240 МГц: 504.85 CoreMark; 2.10 CoreMark/МГц;
  – 2 ядра на 240 МГц: 994.26 CoreMark; 4,14 CoreMark/МГц.
- 448 КБ ПЗУ.
- 520 КБ SRAM.
- 16 КБ SRAM в RTC.

- QSPI підтримує кілька мікросхем flash/SRAM.Wi-Fi
- 802.11b/g/n, 802.11n (2,4 ГГц), до 150 Мбіт/с.
- WMM (Wi-Fi мультимедія).
- TX/RX A-MPDU, RX A-MSDU.
- Негайне блокування ACK.
- Дефрагментація.
- Автоматичний моніторинг Beacon (апаратний TSF).
- 4 × віртуальні інтерфейси Wi-Fi.
- Одночасна підтримка режимів Infrastructure Station, SoftAP і Promiscuous.

Bluetooth

- Сумісність з Bluetooth v4.2 BR/EDR і BLE.
- Передавач класу 1, класу 2 і класу 3 без зовнішнього підсилювача потужності..
- Потужність передачі +9 дБм.
- Приймач NZIF із чутливістю BLE -94 дБм.
- Адаптивне стрибкоподібне перемикання частоти (AFH).
- Стандартний HCI на основі SDIO/SPI/UART.
- Високошвидкісний UART HCI, до 4 Мбіт/с.
- Дворежимний контролер Bluetooth 4.2 BR/EDR і BLE.
- Синхронне підключення, орієнтоване/розширене (SCO/eSCO).
- CVSD і SBC для аудіокодека.
- Bluetooth Piconet і Scatternet [42].

Годинники та таймери в ESP32

- Внутрішній генератор 8 МГц з калібруванням.
- Внутрішній RC-генератор з калібруванням.
- Зовнішній кварцевий генератор 2 МГц ~ 60 МГц.
- Зовнішній 32 кГц кристалічний генератор для RTC (годинник реального часу) з калібруванням.

- Дві групи таймерів, включаючи 2 × 64-розрядні таймери та 1 × головний сторожовий таймер у кожній групі.
- Один таймер RTC.
- RTC watchdog[42].

Периферійні інтерфейси

- 34 × програмованих GPIO (програмовані порти вводу виводу).
- 12-розрядний АЦП SAR до 18 каналів.
- 2 × 8-розрядний ЦАП.
- 10 × сенсорних датчиків.
- 4 × SPI.
- 2 × I2S.
- 2 × I2C.
- 3 × UART.
- 1 хост (SD/eMMC/SDIO).
- 1 підлеглий (SDIO/SPI).
- Інтерфейс Ethernet MAC із виділеною підтримкою DMA та IEEE 1588.
- TWAI® (Дворовідний автомобільний інтерфейс), сумісний з ISO 11898-1 (специфікація CAN 2.0).
- RMT (пульт дистанційного керування).
- Мотор ШІМ (Широтно-імпульсний модулятор).
- LED ШІМ до 16 каналів [42].

Управління живленням ESP32

- П'ять режимів живлення, розроблених для типових сценаріїв: активний, режим сну модема, легкий сон, глибокий сон, повний сон.
- Енергоспоживання в режимі Deep-sleep становить 10 мкА
- Співпроцесори Ultra-Low-Power (ULP).
- Пам'ять RTC залишається ввімкненою в режимі глибокого сну [42].

Безпека ESP32

- Безпечне завантаження
- Підтримка шифрування flash пам'яті.

- 1024-бітний OTP, до 768-біт доступно для користувачів
- Криптографічне апаратне прискорення:
  – AES;
  – Хеш (SHA-2);
  – RSA;
  – ECC;
  – Генератор випадкових чисел (RNG) [42].

Також, до переваг мікроконтролера ESP32 слід віднести те, що він може бути сумісним із програмним забезпеченням Python, що дає можливість регулювати параметри світлодіода безпосередньо під час роботи за допомогою персонального комп’ютера (ПК) [42].

2.6 Макетні випробування роботи драйвера потужного УФ світлодіода

Як було зазначено вище, макет драйвера складаємо на основі мікросхеми BP1371. На рисунку 2.23 представлена мікросхема BP1371 та її розпіновка [35].

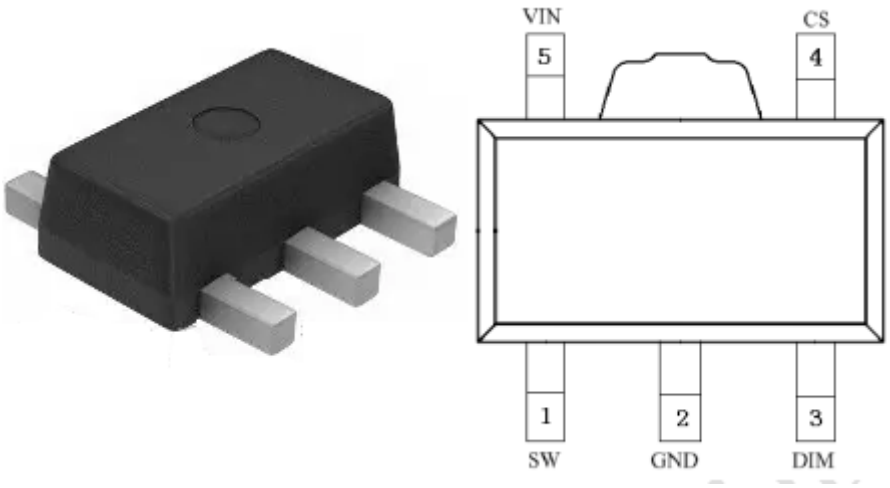


Рисунок 2.23 – Мікросхема BP1371

У таблиці 2.1 представлене розшифрування пінів мікросхеми BP1371

Таблиця 2.1 - Розшифрування пінів мікросхеми BP1371[35].

№ pin	Позначення на схемі	Функції
1	SW	Вихід перемикача. SW – це стік внутрішнього N-канального MOSFET-перемикача
2	GND	Заземлення сигналу та живлення. Підключення безпосередньо до заземлювальної площини
3	DIM	Увімкнути перемикач, аналоговий та ШІМ-вхід для дімування
4	CS	Вхідний сигнал вимірювання струму
5	VIN	Вхідний контакт живлення.

Характеристики та параметри елементів керування були описані у п.п. 2.4.2.

У зібраному вигляді драйвер зображений на рисунку 2.24

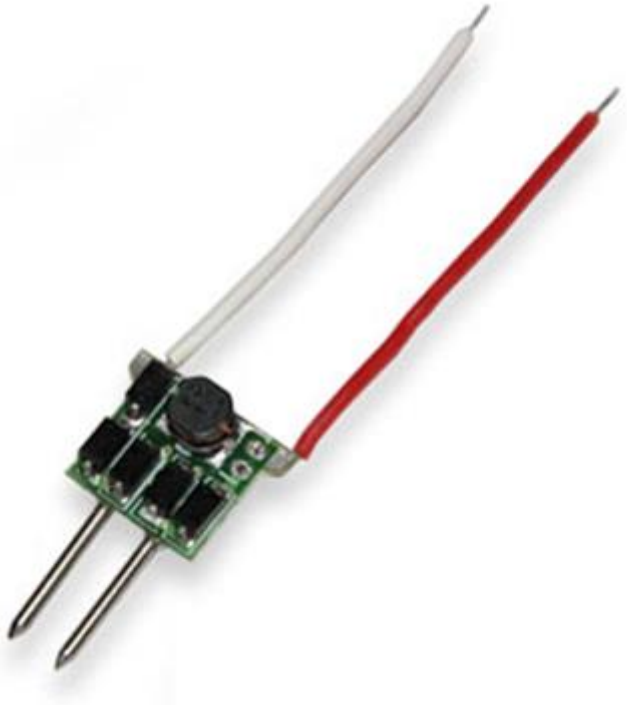


Рисунок 2.24 - Макет драйвера потужного УФ світлодіода

Під час випробувань був виміряний рівень пульсації драйвера в залежності від вхідної ємності. Випробування проводились за допомогою цифрового осцилографа SDS1000DL (рисунок 2.25).

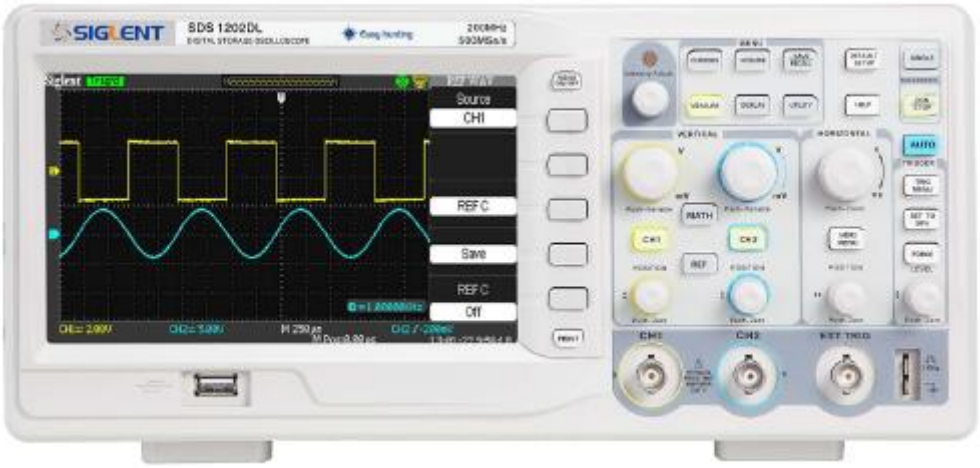


Рисунок 2.25 - Цифровий осцилограф SDS1000DL

На рисунку 2.25 представлений сигнал пульсації при використанні ємності 220 мкФ (стандартна схема споживчої електроніки)

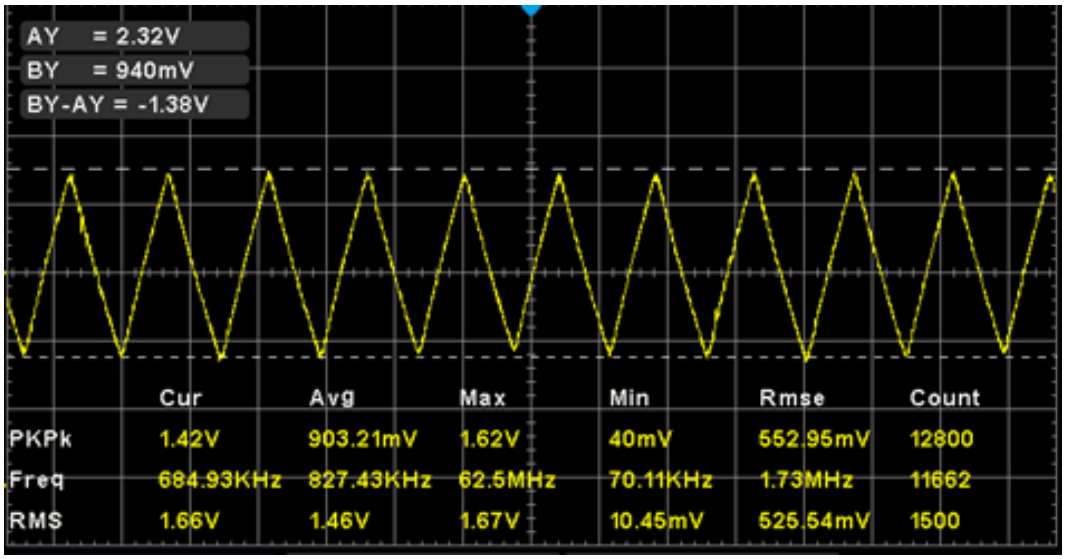


Рисунок 2.25 – Пульсації при ємності на вході 220 мкФ

Якщо використовувати ємність, яка використовувалась у розробці (2.2 мкФ), рівень пульсацій значно зменшується від 42% у першому досліді до 1,5% . Результати досліду представлені на рисунку 2.26.

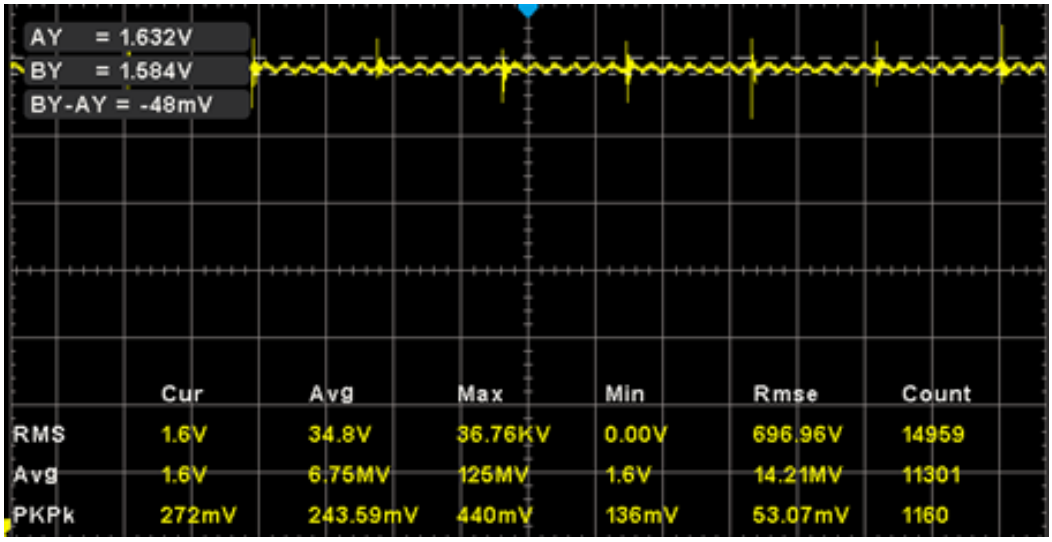


Рисунок 2.26 – Рівень пульсацій при вхідній ємності 2,2 мкФ

Отже, розроблювана схема драйвера має добрі вихідні характеристики для забезпечення стабільного випромінювання УФ світлодіода потужністю 1 Вт і більше.

Остаточна електрична схема пристрою представлена на рисунку 2.27.

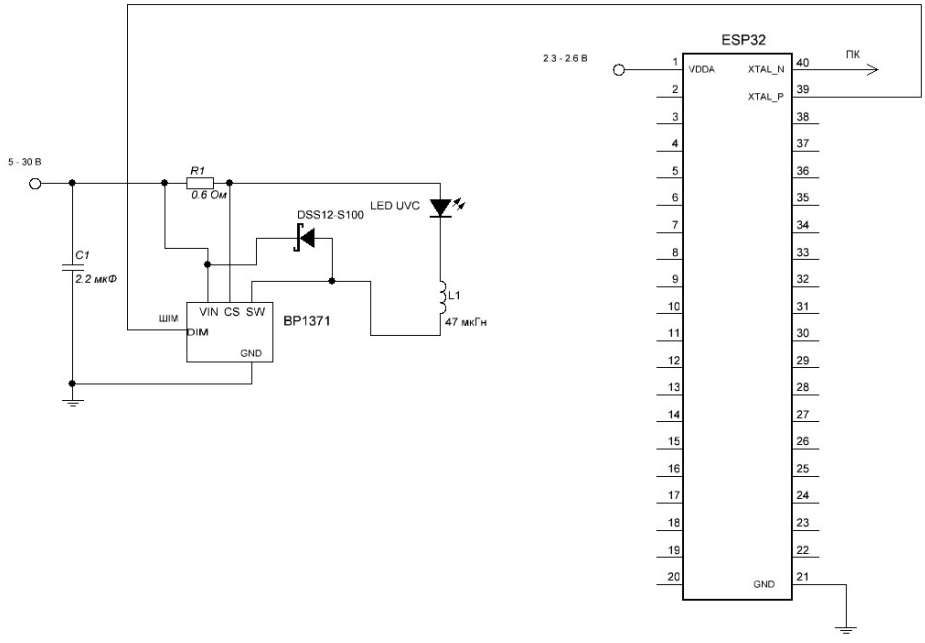


Рисунок 2.27 – Електрична схема драйвера потужного УФ світлодіода

Отже, за матеріалами розділу можна зробити наступні висновки:

1) практичне використання розроблюваної схеми спрямоване на компактні системи випромінювання УФ діапазону, тому критерієм вибору джерела світла, окрім діапазону випромінювання, є такі парамери, як напруга, робочий струм та розсіювана електрична потужність;

2) у якості джерела світла обираємо УФ світлодіодний модуль 265 нм 285 нм компанії Shenzhen Santang Lighting Co., Ltd.;

3) зважаючи на те, що робоча напруга обраного світлодіода знаходиться у діапазоні 3 – 8 В, у якості схем стабілізації струму та напруги використовуємо понижуючий імпульсний DC – DC перетворювач напруги на мікросхемі BP1361;

4) BP1361 — це індуктивний понижувальний перетворювач безперервної провідності, призначений для ефективного керування одним або кількома послідовно з'єднаними світлодіодами від джерела напруги, що перевищує загальну напругу ланцюга світлодіодів;

5) регулювання вихідної потужності світлодіода здійснюється за допомогою режима широтно-вмпульсної модуляції (ШІМ);

6) у якості забезпечення ефективного регулювання потужності випромінювання світлодіода і можливості оперативного корегування параметрів за допомогою ПК, у роботі попонується використати мікроконтролер ESP32;

7) моделювання основних функціональних блоків драйвера проводилось за допомогою online симуляторів Multism та Proteus;

8) за резільтатами проведення макетних випробувань рівня пульсації драйвера в залежності від вхідної ємності було продемонстровано стабільність вихідних параметрів драйвера;

9) результати моделювання за допомогою САПР показали добре узгодження із макетними випробуваннями.

3 Охорона праці та техногенна безпека при розробці електричних схем драйвера потужного УФ світлодіода

3.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Виконання завдань дипломної роботи планується в дослідницькій лабораторії кафедри ЕІСПЗ ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ. Роботи, що проводяться в дослідницькій лабораторії, не представляють великої небезпеки, оскільки приміщення інженерної академії належать до приміщень без підвищеної небезпеки. Проте використання електроустаткування може нести в собі ряд шкідливих і небезпечних для життя і здоров'я людей чинників, що працюють з ним. Основну небезпеку дослідницької лабораторії представляють використання електроприладів, які працюють при напрузі небезпечній для життя.

Дія електричного струму на живу тканину носить своєрідний характер. Проходячи через організм, електричний струм виробляє термічну, електролітичну і біологічну дію [43,44].

Міра небезпечної і шкідливої дії на людину електричного струму і електричної дуги залежить від роду і величини напруги струму, частоти струму, шляху струму через тіло організму, тривалість дії електричного струму, умов зовнішнього середовища.

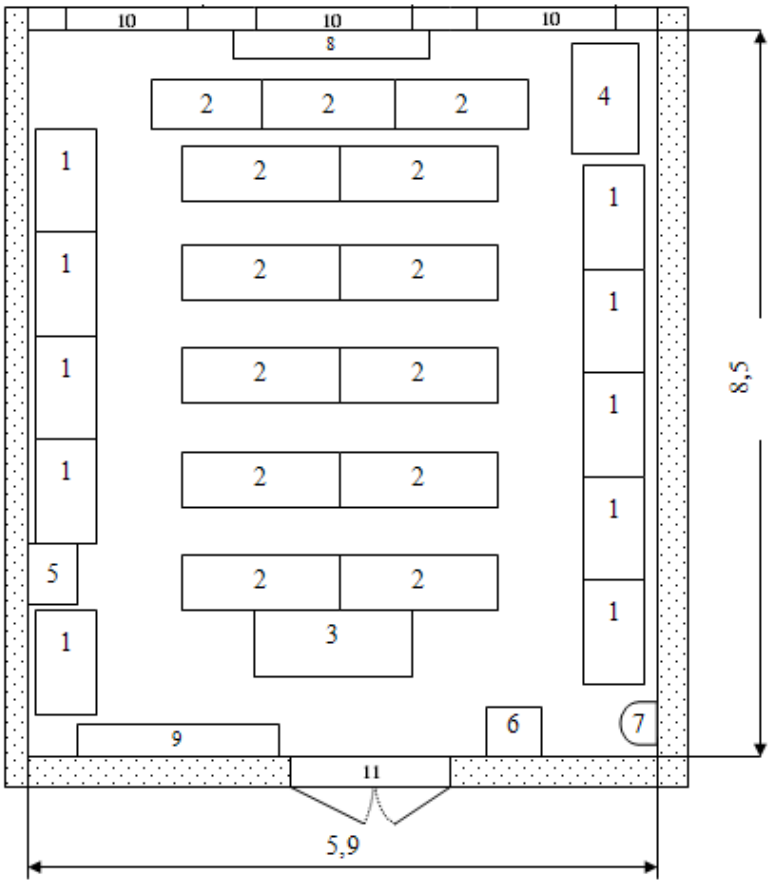
У дослідницькій лабораторії існує можливість виникнення небезпеки при роботі з шкідливими речовинами в процесі моделювання плати пристрою. При монтажі електронних плат застосовують ацетон, спирт для знежирення і очищення від пилу мікросхеми, а також олово і каніфоль для припаювання ніжок напівпровідникового приладу до плати.

Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нирково-психічні захворювання.

Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних шляхів і на шкіру, що наводить до дерматитів.

При недостатній освітленості на робочому місці може виникнути зорова втома.

В даному розділі як об’єкт дослідження розглянуто приміщення в якому проводяться лабораторні роботи та роботи з відео термінальними пристроями. План приміщення наведено на рисунку 3.1.



1 - стіл комп’ютерний, 2 - стіл аудиторний, 3 - стіл викладача, 4 - установка Холла, 5 - шафа силова, 6 - сейф, 7 - умивальник, 8 - спліт система, 9 - дошка аудиторна, 10 - вікно, 11 - двері

Рисунок 3.1 – План розташування робочих місць

Приміщення, в якому знаходяться відео термінальні пристрої, має такі характеристики:

- довжина приміщення 8,5 м;
- ширина приміщення 5,9 м;
- висота 4 м;
- число вікон 3;
- кількість робочих місць 28;
- забарвлення інтер'єру: біла стеля, блідо-бежеві стіни, підлога бетонна, обтягнута лінолеумом коричневого кольору.

Відповідно до ПХТ 12.0.003-74 небезпечні та шкідливі фактори за природою дії поділяються на такі групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні [43,44].

В даному приміщені діють такі фізичні небезпечні та шкідливі фактори:

• підвищений рівень вібрацій, інфразвукових коливань, ультразвуку, іонізуючих випромінювань, статичної електрики, електромагнітних випромінювань, ультрафіолетової чи інфрачервоної радіації;

• підвищені чи знижені барометричний тиск, вологість, іонізація та рухомість повітря;

• небезпечне значення напруги в електричному колі; підвищена напруженість електричного чи магнітного полів;

• недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла;

Також присутні небезпечні та шкідливі психофізіологічні фактори, до яких належать фізичні (статичні та динамічні) і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження органів чуття, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Одним із заходів є підвищення комфортності роботи шляхом раціоналізації параметрів робочого місця та робочого приміщення з ергономічної точки зору [43,44].

Обсяг приміщення на одного працюючого за санітарними нормами має становити не менше 20 $м^3$, а площа приміщення – не менше 6 $м^2$. Ширина основних проходів у приміщенні повинна становити не менше 1,5 м. Ширина виходів з приміщення повинна бути не менше 1 м, висота – не менше 2,2 м. Дане приміщення має обсяг V=188,06 $м^3$, а площу S=50,15 $м^2$. Таким чином наше приміщення не відповідає нормам з ергономічної точки зору.

Для зменшення впливу психофізіологічних факторів складено правильний графік трудового дня, встановлено необхідний час перерв, темп та ритм роботи, які необхідні для зменшення дії на організм людини фізичних зусиль, що в свою чергу дозволяють захистити людину від перевтомлення та втрати здоров'я [43,44].

3.2 Виробнича санітарія

Мікроклімат характеризується наступними параметрами: температура, вологість, швидкість повітря, атмосферний тиск, шум [43].

Для нашого приміщення температура підтримується завдяки вентиляції (природної і штучної) в теплу пору року, та за допомогою опалення та герметизації приміщення в холодну пору року. Оптимальні норми температури для холодної пори року 21-23°С, для теплої складає 22-24°С.

Наше приміщення відповідає цим температурним нормам.

В даному приміщенні є два види вентиляції:

– природна (аерація через вікна і двері);

– примусова (приточно-витяжна).

Функціонально близьким, але відмінним від вентиляції за способом повітрообміну є кондиціонування. В даному приміщені є наявність кондиціонера, який підтримує в приміщенні комфортні умови незалежно від зовнішніх умов (визначеної температури, вологості, чистоти повітря і швидкості повітряних потоків).

Вологість повітря в даному приміщенні не 40-60%, що відповідає оптимальним нормам. Це реалізується за допомогою вентиляції і кондиціонування приміщення, а також за рахунок проведення вологих збирань.

У приміщенні є наявність відео термінальних пристроїв та учбових стендів для проведення лабораторних робіт. Всі ці устаткування мають низький рівень шуму, що в свою чергу не перевищує допустиму норму рівня шуму в 65 дБ.

В нашому приміщенні, де знаходяться відео термінальні пристрої, використовується змішане освітлення, тобто поєднання природного і штучного освітлення.

В якості природного - бокове освітлення через вікна. В даному приміщенні використовується загальне штучне освітлення.

Розрахунок його здійснюється за методом світлового потоку з урахуванням потоку, відбитого від стін і стелі [43,44].

Нормами для даних робіт в даному приміщенні встановлена необхідна освітленість робочого місця Ен = 300лк (середня точність роботи по розрізненню деталей розміром від 1 до 10 мм).

3.3 Електробезпека

Приміщення за ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом відповідно до ПУЕ є приміщенням без підвищеної небезпеки [28-33].

Приміщення сухе, добре опалюване з струмонепровідною підлогою, з температурою 18-24 °С, з вологістю 40-50%. З електроустаткувань в ньому знаходяться відео термінальні пристрої та учбові стенди, які знаходяться під напругою.

Причини ураження електричним струмом [43,44]

1. Пошкодження устаткування.
2. Пошкодження ізоляції.

3. Коротке замикання на землю або на корпус.

4. Порушення правил техніки безпеки и роботи с електроустаткуванням.

Для забезпечення електробезпеки в даному приміщенні використовуються такі технічні засоби:

- захисне заземлення;
- мала напруга;
- захисне відімкнення;
- ізоляція струмопроводів;
- знаки безпеки.

Захисне заземлення — навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих струмопровідних частин, що можуть опинитися під напругою.

Учбові стенди, які знаходяться в приміщенні, працюють на мінімально можливих напругах, що забезпечує додаткову безпеку.

Усі електроустаткування можна у разі потреби вимкнути через електронний щит управління, який миттєво знеструмлює усі стенди та відео термінальні пристрої. Скрізь, де встановлені розетки є попереджувальні знаки.

3.4 Пожежна та техногенна безпека об’єкту

Приміщення відноситься за вибухопожежною небезпекою до категорії “Б” [43,44].

Основними причинами пожеж в даному приміщенні є:

- необережне поводження з вогнем;

- незадовільний стан електротехнічних пристроїв, порушення правил їх

- монтажу та експлуатації;

- невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки.

Приміщення за класом пожеж відноситься до категорії “Е” [43,44]. Це горіння обладнання та установок, які знаходяться під електричною напругою. Серед необхідних засобів гасіння пожежі в даному приміщені є два вуглекислих вогнегасники типу ОУ-2. Для мінімізації виникнення пожежі в даному приміщені вчасно проводиться профілактичний огляд та ремонт електроустаткування. В приміщенні є план евакуації згідно якого люди повинні залишити приміщення у разі виникнення пожежі. Ширина шляхів евакуації в світлі повинна бути не менше 1 м, дверей - не менше 0.8 м. При дверях, що відкриваються з приміщень в загальні коридори, за ширину евакуаційного шляху коридором слід приймати ширину коридору, зменшену:

- на половину ширини дверного полотна - при однобічному розташуванні дверей,

- на ширину дверного полотна - при двосторонньому розташуванні дверей.

Висота проходу на шляхах евакуації повинна бути не менше 2 м. У підлозі на шляхах евакуації не допускаються перепади висот менше 45 см і виступи, винятком порогів в дверних отворах. Висота дверей у просвіті на шляхах евакуації повинна бути не менше 2 м.

3.5 Розрахунок освітлення робочого місця

Загальний світловий потік визначається за формулою [43,44]:

$$F_{зсп} = \frac{E_н \cdot S \cdot z1 \cdot z2}{V} \qquad (3.1)$$

де $E_н$ - нормована освітленість ($E_н$ = 300лк), S - площа приміщення; z1 - коефіцієнт, що враховує старіння ламп і забруднення світильників (z1=1,5); z2 - коефіцієнт, що враховує нерівномірність освітлення приміщення (z2 = 1,1); V - коефіцієнт використання світлового потоку, визначається в залеж-

ності від коефіцієнтів відбиття від стін, стелі, робочих поверхонь, типів світильників і геометрії приміщення.

Площа приміщення:

$$S = A \cdot B = 8{,}5 \cdot 5{,}9 = 50{,}12 см^2 \quad (3.2)$$

Виберемо з таблиці коефіцієнт використання світлового потоку за наступними даними:

- коефіцієнт відбиття білої стелі Rп=70%;
- коефіцієнт відбиття від стін, забарвлених в світлу фарбу Rст=50%;
- коефіцієнт відбиття від підлоги, покритої лінолеумом темного кольору Rр=10%;
- індекс приміщення

$$I = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{8{,}5 \cdot 5{,}9}{4 \cdot (8{,}5 + 5{,}9)} = 0{,}87 \quad (3.3)$$

Знайдений коефіцієнт [3]: V = 0,62.

За формулою (1.1) визначаємо загальний світловий потік:

$$F_{зсп} = \frac{300 \cdot 50{,}15 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}5}{0{,}62} = 40039 \text{ лк.}$$

Для організації загального штучного освітлення виберемо лампи типу ЛБ65.

Люмінесцентні лампи мають ряд переваг перед лампами розжарювання: їх спектр ближче до природного; вони мають велику економічність (більше світловіддача) і термін служби у 10-12 раз більше. Поряд з цим є й недоліки: їх робота супроводжується іноді шумом; гірше працюють при низьких температурах; їх не можна застосовувати у вибухонебезпечних приміщеннях; мають малу інерційність. Для нашого приміщення люмінесцентні лампи підходять.

Світловий потік однієї лампи ЛБ65 становить не менш $F_л$ = 4600 лм. Число N ламп, необхідних для організації загального освітлення визначається за формулою:

$$N = \frac{F_{зсп}}{F_{л}} = \frac{40039}{4600} = 12 \qquad (3.4)$$

В якості світильників вибираємо ПВЛ-1, 2×65 Вт. Електрична потужність однієї лампи ЛБ65 $W_л$ = 65 Вт.

Потужність всієї освітлювальної системи:

$$W_{ос} = W_{л} \cdot N = 65 \cdot 12 = 780 Вт \qquad (3.5)$$

Розміщення світильників ПВЛ-1, 2×65 Вт представлено на рисунку 3.2.

Таким чином, щоб забезпечити світловий потік $F_{зсп}$ = 40039 лм в даному приміщенні використовується 6 світильників по 2 лампи ЛБ65 в кожному. Згідно розрахунків освітленість приміщення відповідає встановленим нормам.

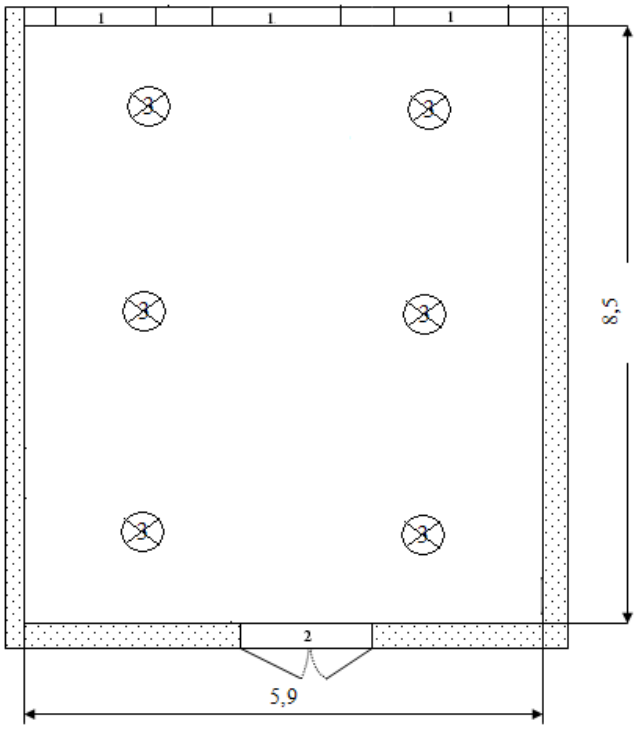


Рисунок 3.2 – План розташування світильників

Висновки та рекомендації

Отже, за результатами виконання роботи можна зробити наступні висновки:

1) практичне використання розроблюваної схеми спрямоване на компактні системи випромінювання УФ діапазону, тому критерієм вибору джерела світла, окрім діапазону випромінювання, є такі парамери, як напруга, робочий струм та розсіювана електрична потужність;

2) у якості джерела світла обираємо УФ світлодіодний модуль 265 нм 285 нм компанії Shenzhen Santang Lighting Co., Ltd.;

3) зважаючи на те, що робоча напруга обраного світлодіода знаходиться у діапазоні 3 – 8 В, у якості схем стабілізації струму та напруги використовуємо понижуючий імпульсний DC – DC перетворювач напруги на мікросхемі BP1361;

4) BP1361 — це індуктивний понижувальний перетворювач безперервної провідності, призначений для ефективного керування одним або кількома послідовно з'єднаними світлодіодами від джерела напруги, що перевищує загальну напругу ланцюга світлодіодів;

5) регулювання вихідної потужності світлодіода здійснюється за допомогою режима широтно-вмпульсної модуляції (ШІМ);

6) у якості забезпечення ефективного регулювання потужності випромінювання світлодіода і можливості оперативного корегування параметрів за допомогою ПК, у роботі попонується використати мікроконтролер ESP32;

7) моделювання основних функціональних блоків драйвера проводилось за допомогою online симуляторів Multism та Proteus;

8) за резільтатами проведення макетних випробувань рівня пульсації драйвера в залежності від вхідної ємності було продемонстровано стабільність вихідних параметрів драйвера;

9) результати моделювання за допомогою САПР показали добре узгодження із макетними випробуваннями.

Як рекомендації щодо розроблюваного пристрою можна відмітити наступне:

1) система драйвера може бути використана в біомедичних електронних системах, а токож у системах передачі інформації;

2) макетний варіант драйвера може бути використаний в лабораторному практикумі та при проведенні практичних занять кафедри електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення.

Перелік посилань

1. Стадник В. Й. Оптика: навч. посібн. Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2008. 360 с.

2. Семенов А. О., Попов С. В., Сахно Т. В., Тарасенко Д. С. Ультрафіолет: сфери використання та джерела випромінювання. Монографія. Полтава : ПП «Астрая», 2023. 190 с.

3. Мельничук Д. О. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики : навчальний посібник для підготовки студентів вищих навчальних закладів / Д. О. Мельничук, С. Д. Мельничук, В. М. Войціцький та ін.: за ред. акад. Д. О. Мельничука. Київ : ЦП «Компринт», 2016. 289 с.

4. Осадчук В. С. Основи наноелектроніки : Навчальний посібник / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця : ВНТУ, 2016. 199 с.

5. Пупань Л. І. Лазерні технології у машинобудуванні : навч. посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної, заочної та дистанційної форм навчання / Л. І. Пупань. – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. 109 с.

6. Сколоздра С. В., Чайковський Б. П., Лецик О. С. Розрахунок і проєктування комбінованого ультрафіолетового випромінювача для опромінення тварин. Львів : *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Ґжицького*. Том 11. № 3(42). Частина 2. 2009. С. 164-169.

7. Ультрафіолетове випромінювання. Гігієнічні аспекти його використання в медицині : навч. - метод. посіб. до практ. занять та самостійної роботи студентів III курсів медичних факультетів з навчальної дисципліни «Гігієна та екологія» для спеціальності 222 «Медицина» / А. І. Севальнєв, М. П. Гребняк, Р. А. Федорченко, А. В. Куцак, О. В.

Кірсанова, Л. П. Шаравара, І. А. Соколовська, Ю. В. Волкова. Запоріжжя : ЗДМУ, 2020. 114 с.

8. Рекомендації щодо використання ультрафіолетового опромінення (УФ) для дезінфекці / Матеріали сайту Державної установа «Центр громадського здоров'я Міністерства охорони здоров'я України» (ЦГЗ) URL: https://phc.org.ua (дата звернення 01.12.2025).

9. WHO guidelines on tuberculosis infection prevention and control. Матеріали сайту Всесвітньої організації охорони здоров'я URL: https://www.who.int/publications-detail/who-guidelines-on-tuberculosis-infection-prevention-and-control-2019-update (дата звернення 01.12.2025).

10. Матеріали сайту компанії Zhengzhou Uvwave Electronic Technology Co., Ltd. URL: https://ua.uvwavetek.com/uv-led-light (дата звернення 01.12.2025).

11. V. Kachkanov, K. P. O'Donnell, S. Pereira, R. W. Martin (2007). Localization of excitation in InGaN epilayers (PDF). *Phil. Mag.* ***87*** *(13): 19992017*. Bibcode*:*2007PMag.87.1999K. doi*:*10.1080/14786430701342164. S2C ID 136950050.

12. *A. Reale1, A. Di Carlo, A. Vinattieri, M. Colocci, F. Rossi, N. Armani, C. Ferrari, G. Salviati, L. Lazzarini, V. Grillo (2005). Investigation of the recombination dynamics in low In-content InGaN MQWs by means of cathodoluminescence and photoluminescence excitation. Physica Status Solidi C.* ***2*** *(2): 817 - 821*. Bibcode*:*2005PSSCR.2.817R. doi*:*10.1002/pssc.200460305.

13. Фізика процесів у напівпровідниках та елементах електроніки : курс лекцій : [навчальний посібник] / Д. М. Фреїк, В. М. Чобанюк, З. Ю. Готра та ін. ; за заг. ред. заслуженого діяча науки і техніки України, доктора хімічних наук, проф. Д. М. Фреїка. Івано-Франківськ : Видавництво Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2010. 263 с.

14. Карась В. І. Світлодіоди: фізика, технологія, застосування : навч. посібник/ В. І. Карась, Л. А. Назаренко, І. В. Карась. Харк. нац. акад. міськ. госп-ва – Харків : ХНАМГ, 2012, 323 с.

15. Матеріали сайту компанії Zhengzhou Uvwave Electronic Technology Co., Ltd. URL: https://ua.uvwavetek.com (дата звернення 01.12.2025).

16. Матеріали сайту компанії Guangmai Electronics Co., Ltd. URL: https://ua.gmleds.com (дата звернення 01.12.2025).

17. Матеріали сайту компанії Shenzhen Santang Lighting Co., Ltd. URL: http://www.szst-led.com (дата звернення 01.12.2025).

18. Матеріали сайту компанії ProLight Opto Technology Corporation, URL: https://www.prolightopto.com/en (дата звернення 01.12.2025).

19. Матеріали сайту компанії Ledstar Opto-electronics Tech. Co., Ltd. URL: https://www.ledestar.com (дата звернення 01.12.2025).

20. Матеріали сайту компанії Seoulviosys URL: https://www.seoulviosys.com (дата звернення 01.12.2025).

21. Матеріали сайту компанії Roithner Laser Technik GmgH URL: https://www.roithner-laser.com (дата звернення 01.12.2025).

22. Матеріали сайту компанії ТОВ «Селток Фотонікс» URL: https://seltokphotonics.com (дата звернення 01.12.2025).

23. Матеріали сайту компанії «Foton» URL: https:// https://foton.ua (дата звернення 01.12.2025).

24. Матеріали сайту компанії «Повний Спектр» URL: https://fullspectrum.kiev.ua (дата звернення 01.12.2025).

25. Матеріали сайту компанії «GSM-КОМПЛЕКТ» URL: https://gsm-komplekt.ua (дата звернення 01.12.2025).

26. Матеріали сайту компанії «CEA» URL: https://www.sea.com.ua (дата звернення 01.12.2025).

27. Назаренко Л. А. Фізика і техніка світлодіодів : навч. посібник / Л. А. Назаренко, А. І. Колесник ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 255 с.

28. Суворова К. І. Джерела світла : навч. посібник / К. І. Суворова, Л. Д. Гуракова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 110 с.

29. Матеріали сайту компанії LED Yi Lighting Co., Ltd. URL: https://ledyilighting.com/uk/a-comprehensive-guide-to-led/(дата звернення 20.12.2025).

30. Матеріали сайту ST Microelectronics group of companies URL: https:// www.st.com (дата звернення 01.02.2026).

31. Матеріали сайту компанії Consonance Electronics Incorporated URL : https://www.consonance-elec.com(дата звернення 01.02.2026).

32. Матеріали сайту компанії Shanghai Xinlong Semiconductor Technology Co., Ltd. URL: https://www.xlsemi.com (дата звернення 01.02.2026).

33. Матеріали сайту URL : https://www.multisim.com (дата звернення 01.02.2026).

34. Матеріали сайту URL : https://www.labcenter.com (дата звернення 01.02.2026).

35. Матеріали сайту компанії Bright Power Semiconductor URL : https://www.bpsemi.com(дата звернення 01.04.2026).

36. Матеріали сайту компанії Semiconductor Components Industries URL: https:// www.onsemi.com(дата звернення 01.04.2026).

37. Матеріали сайту компанії Murata Manufacturing co., ltd URL: https:// http://www.murata.com(дата звернення 01.04.2026).

38. Матеріали сайту компанії Faithful Link Industrial Corp URL: https:// http://www.murata.com(дата звернення 01.04.2026).

39. Матеріали сайту компанії Amalec Electronic GmbH URL: https:// http://www.amalec.ch(дата звернення 01.04.2026).

40. Матеріали сайту компанії STMicroelectronics URL : https://www.st.com(дата звернення 01.04.2026).

41. Матеріали сайту Інформаційний ресурс про електроніку та програмування URL: https://itmaster.biz.uam(дата звернення 01.04.2026).

42. Матеріали сайту компанії Espressif Systems URL: https:// www.espressif.com/en/certificates (дата звернення 01.04.2026).

43. Бєлоконь К. В., Рижков В. Г., Куріс Ю. В., Манідіна Є. А. Основи охорони праці : навч.-метод. посіб. Запоріїжжя : ЗДІА, 2015. 180 с. URL http://ebooks.znu.edu.ua/files/ZII/metodychky/do2018/f356296.pdf.

44. Бєлоконь К. В., Суржицька Л. А., Цимбал В. А., Карнаух А. А. Цивільний захист : конспект лекцій. Запоріжжя : ЗДІА, 2015. 69 с. URL: http://files.znu.edu.ua/files/ZII/metodychky/do2018/f356329.pdf.

Додаток 1

Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції
«Розвиток освіти, науки та бізнесу: результати 2025»



Editorial board of International Electronic Scientific and Practical Journal «WayScience» (ISSN 2664-4819 (Online)

The editorial board of the Journal is not responsible for the content of the papers and may not share the author's opinion.

Development of Education, Science and Business: Results 2025: Proceedings of the International Scientific and Practical Internet Conference, December 18-19, 2025. FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine, 622 p.

ISBN 978-617-8293-60-4

International Scientific and Practical Internet Conference "Development of Education, Science and Business: Results 2025" is devoted to the main research of this year.

Topics cover all sections of the International Electronic Scientific and Practical Journal "WayScience", namely:

- public administration sciences;
- philosophical sciences;
- economic sciences;
- historical sciences;
- legal sciences;
- agricultural sciences;
- geographic sciences;
- pedagogical sciences;
- psychological sciences;
- sociological sciences;
- political sciences;
- philological sciences;
- technical sciences;
- medical sciences;
- chemical sciences;
- biological sciences;
- physical and mathematical sciences;
- other professional sciences.

Dnipro, Ukraine – 2025

Content

Abdulridkha A.S., Ageyev D.V. PRIVACY RISKS OF ENERGY-HARVESTING IOT DEVICES: A NETWORK TIMING SIDE-CHANNEL ANALYSIS 4
Abdulridkha A.S., Ageyev D.V. STATISTICAL DETECTION OF INFORMATIVE ELECTROMAGNETIC EMANATIONS FROM COMPUTER HARDWARE 6
Abramenkov D.A. WOODROW WILSON AS A THEORETIST AND PRACTITIONER OF PUBLIC ADMINISTRATION 8
Avdymyrets N. THE IMPACT OF PSYCHOLOGICAL EDUCATION ON THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE NEW MODERN SOCIETY 10
Ganchev I., Popova T., Voycheva C. BI-LAYERED SODIUM ALGINATE MICRONEEDLE CARRIERS FOR SUSTAINED NALTREXONE DELIVERY 13
Grin O., Tymkiv N. THE IMPACT OF HYBRID WARFARE ON EMPLOYMENT AND LABOR MARKETS 16
Hanchuk M., Hanchuk K. FORMATION OF AN ECOLOGICAL PASSPORT FOR AGRICULTURAL LANDSCAPES AS A BASIS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT 19
Karaban V.I., Karaban A.V. AI TOOL INTEGRATION INTO TRANSLATION EDUCATION AS PART OF ACHIEVING UN SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS 22
Kunytskyi M. FEATURES OF BIOGAS FORMATION IN WASTEWATER SYSTEMS 25
Lonchuk N.V. MODERN METHODS OF TEACHING FOREIGN LANGUAGES FOR PROFESSIONAL PURPOSES FOR MEDICAL STUDENTS 28
Marenichenko V. PUBLIC MANAGEMENT OF UKRAINE'S SCIENTIFIC AND TECHNICAL POTENTIAL TRANSFORMATION IN THE CONDITIONS OF WAR AND POST-WAR RECONSTRUCTION 30
Matsui O.M. EVOLVING PARAMETRIC CELLULAR AUTOMATON FOR SOUND MAGNITUDE SPECTRUM APPROXIMATION 32
Nefodov O. PUBLIC MANAGEMENT OF PHARMACEUTICAL PERSONNEL TRAINING IN UKRAINE 34
Onuchak L., Ruzhenska T. TRANSLATION CHALLENGES IN THE CONTEXT OF RAPID TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT 36
Ostryanina S., Kornilo Y., Lugovyi M. FORMING A MECHANISM FOR ENTERPRISE RESILIENCE: SYNERGY BETWEEN MOTIVATIONAL MANAGEMENT AND SECURITY STRATEGIES 39
Ostryanina S., Zhaloba T., Pruhlo D., Levchenko O. FORMULATING A STRATEGY FOR DEVELOPING THE LOGISTICS SYSTEM OF NIBULON IN CONDITIONS OF CRISIS UNCERTAINTY 41
Shavrina I. PROBLEMS OF TEACHING RELIGIOUS STUDIES UNDER THE HYBRID WAR CIRCUMSTANCES: MODERN APPROACHES 43
Sokur A., Boiko Yu. THE IMPACT OF SPORTS NUTRITION ON ATHLETES' PHYSICAL PERFORMANCE AND RESULTS 45
Sokur A., Molokost L. ELECTRICAL ENERGY GENERATION TECHNOLOGY AND ITS ALTERNATIVE SOURCES 47
Stoliar M., Savastiyanov V. TREND ANALYSIS USING A TEMPORAL TF-IDF APPROACH 51
Tanriverdiyev Y.A., Ismayilov I.T. ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF RECYCLING SYSTEMS 54
Yangyozov P.D. ALTERNATIVE THEORIES OF HUMAN CAPITAL 58
Yangyozov P.D. EXPANDING THE SCOPE OF CLASSICAL HUMAN CAPITAL THEORY 62

619

Романенко М.І. ПРО МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ 424

Романенко Т.М. AGILE-ОРІЄНТОВАНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ У СФЕРІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я 426

Рубінський О.І. КОМПЛЕКСНА МЕТОДИКА ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПОШКОДЖЕНИХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД 430

Рудаков Д.В., Орлінська О.В., Пікареня Д.С., Рудаков Л.М. ОЦІНКА ІНДЕКСІВ НЕБЕЗПЕКИ ТА РИЗИКУ ХВОСТОСХОВИЩ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ 432

Рушай А.К., Зборовський О.М. ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ХІРУРГІЧНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ ІНФІКОВАНИХ НЕЗРОЩЕНЬ КІСТОК ГОМІЛКИ 435

Рябоконь Л.І. ЛІДЕРСТВО КЕРІВНИКА ЯК ЧИННИК РОЗВИТКУ ОСВІТНЬОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ 438

Савченко С.С. УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ У ВІЙСЬКОВИХ ОРГАНІЗАЦІЯХ: УПРАВЛІНСЬКІ ПІДХОДИ ТА ВИКЛИКИ ВОЄННОГО ЧАСУ 440

Савченко Ю.В. КЛІНІКО-БІОХІМІЧНІ ТА КАРДІОФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ У ХВОРИХ В ГОСТРОМУ ПЕРІОДІ Q-ІНФАРКТУ МІОКАРДА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД РІВНЯ ФРАКТАЛКІНУ В ПЛАЗНІ КРОВІ 442

Савчук Г.О. НАСКРІЗНА МЕТАФОРА В ПОЕЗІЇ "МОГИЛА ТРУША" І. КАЛИНЦЯ 445

Сажнєва Г.О. ЕТНІЧНИЙ СКЛАД СЕЛЯНСТВА ПІВДНЯ УКРАЇНИ КІНЦЯ XIX – ПОЧАТКУ XX СТОЛІТТЯ 447

Самусь О.Ю., Ляшенко Г.Т. КІБЕРГІГІЄНА ЯК ЕЛЕМЕНТ ЗАПОБІГАННЯ КІБЕРЗАГРОЗАМ 450

Сапогова А.В. ЦЕНТРИ НАДАННЯ АДМІНІСТРАТИВНИХ ПОСЛУГ ЯК ІНСТРУМЕНТ РЕАЛІЗАЦІЇ СЕРВІСНО ОРІЄНТОВАНОЇ МОДЕЛІ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ 452

Сапонов В.В. ПУБЛІЧНЕ УПРАВЛІННЯ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: МЕХАНІЗМИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ 453

Світанько М.В., Верьовкін Л.Л., Нікіфорова Л.С. СВІТЛОВОДНИЙ УЛЬТРАФІОЛЕТОВИЙ ВИПРОМІНЮВАЧ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЇ ДЕЗІНФЕКЦІЇ 455

Сворак Л.М. АГІТАЦІЯ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД БІЛЬШОВИКІВ ТА СУЧАСНИХ РОСІЯН 458

Святун Н.О. ПУБЛІЧНЕ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я В УМОВАХ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ 461

Семенчук А.О. АДАПТАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ РЕЗИЛЬЄНТНОСТІ ЕКОСИСТЕМ 463

Сергійчук Д.О. ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМИ РИЗИКАМИ В СИСТЕМІ ПУБЛІЧНОГО АДМІНІСТРУВАННЯ 465

Серняк І.І., Виноградова Н.Л. ФОРМУВАННЯ КОМУНІКАТИВНОЇ ПОЛІТИКИ ОРГАНІВ МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ В УМОВАХ КРОС-КУЛЬТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА 467

Седачова К.Г. ПРОЗОРІСТЬ І ПІДЗВІТНІСТЬ ЯК ПРИНЦИПИ ОСВІТНЬОГО МЕНЕДЖМЕНТУ 469

Сидоров Д.В., Сердюк Н.М. ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТАРТОВОЇ ЦІНИ ЛОТІВ В ОНЛАЙН-АУКЦІОНАХ 471

Ситнікова О. БАЛАНС ПРАВ І ОБОВ'ЯЗКІВ СТОРІН ТРУДОВОГО ДОГОВОРУ ЯК ОСНОВА ТРУДОВОЇ ДИСЦИПЛІНИ 473

Сиченко М.В. МЕХАНІЗМИ ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ КУЛЬТУРОЮ: ПРОЗОРІСТЬ, УЧАСТЬ І ПУБЛІЧНО-ПРИВАТНЕ ПАРТНЕРСТВО 475

СВІТЛОВОДНИЙ УЛЬТРАФІОЛЕТОВИЙ ВИПРОМІНЮВАЧ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЇ ДЕЗІНФЕКЦІЇ

Світанько М.В.
к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри електроніки,
інформаційних систем та програмного забезпечення
ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ
svitnik_1973@ukr.net
ORCID 0000-0002-8023-6974
Верьовкін Л.Л.
к.т.н., доцент, доцент кафедри електроніки,
інформаційних систем та програмного забезпечення
ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ
leonid.verovkin@gmail.com,
ORCID 0000-0003-1858-2128
Нікіфорова Л.С.
здобувачка освіти ступеня бакалавра
студентка четвертого курсу кафедри електроніки,
інформаційних систем та програмного забезпечення
ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ

Добре відомий факт впливу ультрафіолетового (УФ) випромінювання на біологічні об'єкти [1, с. 164, 165]. Наразі особливої уваги заслуговують способи використання УФ випромінювання у знезаражувальних системах. Як відомо, у медичних установах для ефективної дезінфекції використовують бактерицидні лампи із випромінюванням в діапазоні довжин хвиль λ=205-315 нм [2,с. 21-24]. Однак, для здійснення антибактеріальної обробки ділянок малого розміру, особливо у важкодоступних місцях, таке обладнання використовувати складно і небезпечно. У раніше розроблюваних пристроях, наприклад, як у роботі [3, с. 31], опромінююча частина виготовлялась у вигляді опромінюючої насадки, яку зображено на рисунку 1.



Рисунок 1. Опромінююча насадка [3, с. 31]

Але, представлена конструкція не вирішує проблеми, так як все ще має великі розміри і складну систему опромінення.

Вирішити цю проблему можливо із застосуванням оптоволоконних технологій [4]. Використовуючи катетер, ендоскоп, або навіть медичну голку, можливо транспортувати УФ випромінювання до місця ураження.

Пропонується світлодіодний випромінювач торцьового та бокового свічіння для обробки уражених ділянок тканин. На рисунку 2. представлена структурна схема випромінювача.

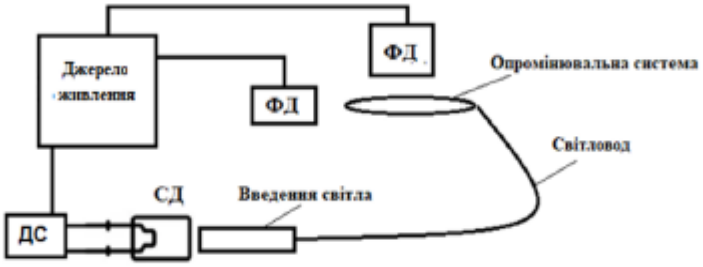


Рисунок 2. Структурна схема УФ випромінювача: ФД – фотодіод, СД – світлодіод, ДС – драйвер світлодіода

У якості світловода використовується кварцове оптоволокно, джерело випромінювання - світлодіод GG-3535UVC-1620 [7], для контролю параметрів випромінювання - фотодіод OPT301 [8]. Критерієм вибору світлодіода та фотодіода є відповідність їх спектральних характеристик для випромінювання з довжиною хвилі 280 нм.

Для забезпечення бічного випромінювання у пристрої реалізується явище порушення принципу повного внутрішнього відбивання у світловоді за рахунок мікровигинів [7, с. 158, 8, с. 2]. Із врахуванням впливу мікровигинів на процес поширення світла у світловоді, опромінювальна система пристрою буде мати структуру, представлену на рисунку 3.

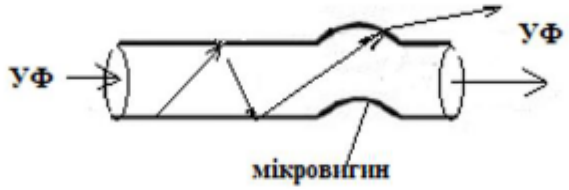


Рисунок 3. Опромінювальна система УФ випромінювача

Як видно із рисунка 3, УФ випромінювання виводиться із волокна не тільки через торцову частину, а і через бічну поверхню. Така конструкція випромінювальної частини світловода дасть можливість обробити більшу площу ураженої поверхні.

Список літератури:

1. Сколоздра С. В., Чайковський Б. П., Лецик О. С. Розрахунок і проєктування комбінованого ультрафіолетового випромінювача для опромінення тварин. Львів : Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Ґжицького. Том 11. № 3(42). Частина 2. 2009. С. 164-169.

2. Ультрафіолетове випромінювання. Гігієнічні аспекти його використання в медицині : навч. - метод. посіб. до практ. занять та самостійної роботи студентів III курсів медичних факультетів з навчальної дисципліни «Гігієна та екологія» для спеціальності 222 «Медицина» / А. І. Севальнєв, М. П. Гребняк, Р. А. Федорченко, А. В. Куцак, О. В. Кірсанова, Л. П. Шаравара, І. А. Соколовська, Ю. В. Волкова. Запоріжжя : ЗДМУ, 2020. 114 с.

3. Бургонський В. Г., Миколайчук С. І., Холін В. В.,Войцехович В. С. Оптимізація проведення фотоактивованої дезінфекції тканин парадонта за допомогою розробленої опромінюючої насадки. Науково-практичний фаховий журнал «Сучасна стоматологія» Київ : №1. 2001. С. 30-32.

4. Медичне застосування оптичного волокна: огляд сучасного стану розвитку волоконно-оптичних сенсорів / В. О. Катан, Г. В. Нечипоренко, А. О. Кобернік, М. О. Мельник, А. Р. Агаджанян. Журнал Оптико-електрон. інформ.-енерг. технології. 2015. № 1. С. 124-131.

5. Матеріали сайту компанії Guangmai Electronics Co., Ltd. URL: https://ua.gmleds.com (дата звернення 01.12.2025).

6. Матеріали сайту компанії ROITHNER LASERTECHNIK GmbH https URL: https://www.roithner-laser.com (дата звернення 01.12.2025).

7. Попович Н. І. Фізичні основи утворення технічних каналів витоку інформації Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика. Випуск 37. 2015. С. 154-159.

8. Волоконно-оптичний датчик акролеїну: пат. 155948 Україна. МПК G01M 11/02 (2006.01) №2023 05883: заявл. 06.12.2023; опубл. 17.04.2024, бюл. №16. 4 с.



Міжнародний електронний
науково-практичний журнал "WayScience"

Дата проведення:
18-19 грудня 2025 року

Тривалість - 6 год. (0,2 кр. ECTS)

СЕРТИФІКАТ

учасника конференції

«DEVELOPMENT OF EDUCATION, SCIENCE AND BUSINESS: RESULTS 2025»

учасник

Нікіфорова Л.С.

Тема: «СВІТЛОВОДНИЙ УЛЬТРАФІОЛЕТОВИЙ ВИПРОМІНЮВАЧ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЇ ДЕЗІНФЕКЦІЇ»

Редакція журналу

м. Дніпро (Україна) – 2025 р