

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **РОЗРОБКА СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО СВІТЛОДІОДНОГО
ОСВІТЛЕННЯ В ЕЛЕКТРОМОБІЛЯХ**

Виконав(ла): студент 6 курсу, групи ЕМм
спеціальності 141

«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис) **Твардовський Я.О.**
(прізвище та ініціали)

Керівник (підпис) **Філюк Я.О.**
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль (підпис) **Вакуленко О.О.**
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри (підпис) **Тарасенко М.Г.**
(прізвище та ініціали)

Рецензент (підпис) **Габрусєв Г.В.**
(прізвище та ініціали)

Тернопіль 2021

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М. Г.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

« » 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Твардовському Ярославу Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи адаптивного світлодіодного освітлення в електромобілях

Керівник роботи Філюк Ярослав Олександрович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «29» вересня 2021 року № 4/7-806

2. Термін подання студентом завершеної роботи грудень 2021 року

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунково-дослідницький розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я. к.т.н., доцент		
	Клепчик В.М., старший викладач		
Нормоконтроль	Вакуленко О.О., старший викладач		

7. Дата видачі завдання 4 жовтня 2021 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	11.10.2021	
2	Аналітичний розділ	18.10.2021	
3	Розрахунково-дослідницький розділ	25.10.2021	
4	Проектно-конструкторський розділ	08.11.2021	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	22.11.2021	
6	Висновки	01.12.2021	
7	Оформлення пояснювальної записки	06.12.2021	
8	Оформлення графічної частини	10.12.2021	

Студент

(підпис)

Твардовський Я.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Філюк Я.О.

(прізвище та ініціали)

Реферат

Твардовський Я.О. Розробка системи адаптивного світлодіодного освітлення в електромобілях.

Стор. - 67; рис. - 33; табл. - 8; креслень - 6; джерел - 21_; додатків - 0.

Метою кваліфікаційної роботи було розробка та створення аналогових і цифрових драйверів адаптивних систем освітлення з використанням інтегральних схем

У цій дипломній роботі показано впровадження різних неізольованих аналогових перетворювачів, інтегрованих з цифровими диммерами, для адаптивних систем освітлення.

У першому розділі дається огляд літератури та теоретичної бази теми. Це також пояснює деякі концепції розуміння проблеми та деякі очікувані результати DC/DC перетворювачів.

В другому розділі представлено загальні умови до проектування системи адаптивного освітлення. А також представлено результати двох різних варіантів моделювання системи адаптивного освітлення

У третьому розділі проведено вибір компонентів для драйвера системи адаптивного освітлення. Представлено дослідження вихідного струму драйвера, ШІМ сигналів системи адаптивного освітлення. Проіведена експериментальна установка системи адаптивного освітлення

Ключові слова: Адаптивне освітлення, DC/DC перетворювач, драйвер світлодіодів, диммер.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Аналіз і принцип роботи напівпровідникових джерел світла	7
1.2. Будова DC/DC перетворювачі для живлення світлодіодів	11
1.3. Висновки до розділу	16
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	17
2.1. Загальні умови до проектування системи адаптивного освітлення	17
2.2. Проектування та моделювання системи адаптивного освітлення	20
2.3. Висновки до розділу	39
3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	40
3.1 Вибір компонентів для драйвера системи адаптивного освітлення	40
3.2 Дослідження вихідного струму драйвера системи адаптивного освітлення	43
3.3 Дослідження ШІМ драйвера системи адаптивного освітлення	45
3.4 Експериментальна установка системи адаптивного освітлення	49
3.5. Висновки до розділу	53
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	54
4.1. ОХОРОНА ПРАЦІ	54
4.1.1. Безпека при виготовленні друкованих плат	54
4.1.2. Техніка безпеки при експлуатації електрообладнання та електромереж	56
4.2. БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	58
4.2.1. Проведення планування заходів цивільного захисту на підприємстві у випадку надзвичайних ситуацій	58
4.2.2. Дослідження стійкості роботи у надзвичайних ситуаціях підприємств електротехнічної та світлотехнічної галузі	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	64
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	66

ВСТУП

Актуальність теми роботи. За останні кілька років використання світлодіодів в автомобільній промисловості зросло завдяки їх високій ефективності, довговічності та широкому діапазону яскравості світла. Оскільки використання світлодіодів у цій галузі зростає, потреба в надійних високопродуктивних драйверах стає все більш актуальною. Компанії впроваджують світлодіоди для пристроїв, що включають адаптивне освітлення або прості функції затемнення. Адаптивні системи освітлення передбачають зчитування вхідних даних із зовнішнього джерела (педаль гальма або кермо) та зміну яскравості фар або стопів гальма, щоб передати більше інформації водієві та його оточенню. Аналогові перетворювачі реалізуються за допомогою лінійних технологій в якості драйверів світлодіодів, а цифрові диммери складаються з мікроконтролерів і дискретних компонентів. Проектування, моделювання та перевірка обладнання продемонструють можливості цих аналогових перетворювачів. Результати продемонструють запропоновані драйвери, як для адаптивного переднього, так і для гальмівного освітлення.

Таким чином, **актуальність даної роботи** визначається дослідженням адаптивної система освітлення, яка є частиною системи активної безпеки легкового автомобіля, що забезпечує оптимальне бачення водієві в нічний час та в інших умовах поганої видимості на дорозі шляхом адаптації кута нахилу фар.

Мета і завдання роботи: є розробка та створення аналогових і цифрових драйверів адаптивних систем освітлення з використанням інтегральних мікросхем.

Об'єкт дослідження: Світлодіодні драйвери з ШІ-модуляцією

Предмет дослідження: Техніко-енергетичні характеристики режимів роботи драйверів адаптивних систем освітлення з використанням інтегральних мікросхем.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Удосконалено методику та розроблена експериментальна установка

для проведення електротехнічних вимірювань параметрів драйвера системи адаптивного освітлення; розроблений алгоритм і програма для проведення даних досліджень і обробки їх результатів.

2. Проведено комплексні дослідження роботи драйверів адаптивної системи світлодіодного освітлення в режимі імпульсного живлення.

Практична цінність результатів дослідження:

1. Отримано експериментальні дані електротехнічних параметрів драйвера системи адаптивного освітлення при використанні мікросхеми LT3797 та LT3755

2. Розроблено електричні схеми драйвера системи адаптивного освітлення на базі мікросхеми LT3797 та LT3755 без гальванічної розв'язки, ..

Апробація результатів магістерської роботи. Основні положення роботи і її результати доповідалися на X Міжнародній науково-технічній конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, 2021 р.)

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків та переліку посилань.

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Аналіз і принцип роботи напівпровідникових джерел світла

При роботі з освітленням на вибір є різні типи освітлювальних пристроїв: лампи розжарювання, люмінесцентні або світлодіодні. Традиційно лампи розжарювання використовувалися для пристроїв, пов'язаних із освітленням. Цей тип лампочки випромінює енергію у вигляді світла в результаті теплової реакції між ниткою розжарювання та електричним струмом, який проходить через неї. Лампочки розжарювання можуть бути реалізовані з живленням змінного або постійного струму без зовнішнього регулюючого обладнання. Крім того, низька ціна робить ці лампи бажаними, тому їх використання в житлових і промислових цілях. Однак тепло, втрачене під час виробництва світла, робить лампи розжарювання енергонеєфективними. Інший варіант – люмінесцентні лампочки. Замість використання теплової реакції для отримання світла, як лампи розжарювання, люмінесцентні лампи використовують явище, відоме як флуоресценція. Пропускаючи електричний струм через газ, випромінюється ультрафіолетове світло, яке змушує покриття лампочки світитися. Люмінесцентні лампи більш ефективні, ніж лампи розжарювання, зазвичай використовують 15 Вт потужності, а не 60 Вт стандартної лампи розжарювання для створення такої ж кількості світла. В останні роки світлодіодні технології створили більш ефективні, компактні пристрої, що робить їх більш бажаними в області освітлення. Світлодіоди, використовують напівпровідникові матеріали, які демонструють електролюмінесценцію, явище матеріалу, що випромінює світло при пропусканні через нього електричного струму [1]. Радіаційна рекомбінація електронів і дірок створює світло, колір якого залежить від ширини забороненої зони конкретного матеріалу. сьогодні широкий спектр матеріалів використовується для створення різноманітних кольорів для різних застосувань. Спектральний розподіл напівпровідникових матеріалів показаний на рис. 1.1.

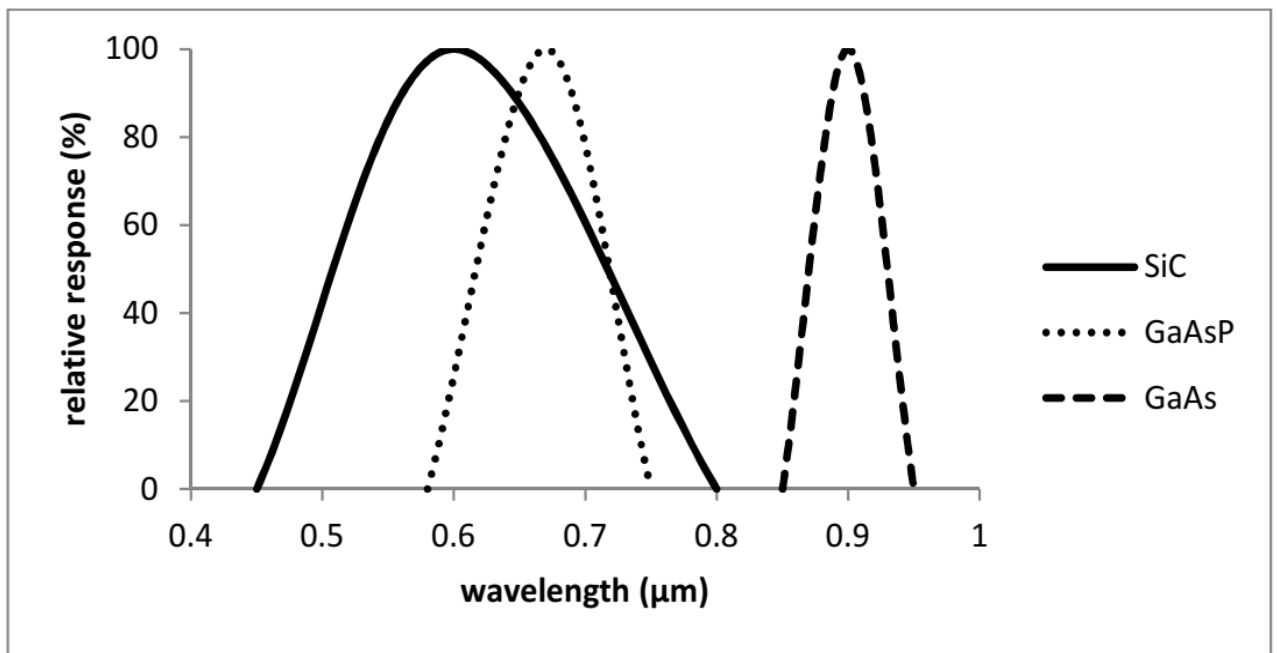


Рисунок 1.1 - Спектральний розподіл напівпровідникових матеріалів

Світлодіодні лампи набагато ефективніші, ніж їх аналоги, для створення такої ж кількості світла потрібно лише 6-9 Вт. Хоча світлодіоди можуть мати дорожчу початкову вартість, термін служби, міцність, менші витрати на технічне обслуговування, менші розміри та ефективність роблять їх більш бажаним варіантом для освітлення.

Російський учений Олег Лосєв вперше винайшов світлодіоди в 1927 році [5]. Він виявив, що світло від електролюмінесценції є лише інфрачервоним світлом низької інтенсивності. Спочатку світлодіод не мав реальних корисних застосувань. Лише в 1957 році світлодіоди стали корисними для додатків, пов'язаних із зв'язком через інфрачервоне світло на коротких відстанях. Лише в 1962 році Нік Холоняк-молодший у General Electric випустив перший світлодіод видимого спектру (червоний). Однак виробництво цієї нової технології було дуже дорогим, на загальну суму 200 доларів США за вироблений світлодіод, що зробило практичне використання світлодіодів дуже обмеженим. У 1968 році Monsanto Corporation була першою компанією, яка масово випустила світлодіоди видимого світла, завдяки чому їх можна використовувати в освітлювальних пристроях. GaAsP (Gallium Arsenide Phosphorus) був матеріалом, використаним Monsanto для створення червоних

світлодіодів [2]. У міру того, як технології світлодіодів стали більш розвиненими, світлодіодна зросла, що робить їх кращою альтернативою для освітлення, ніж люмінесцентні лампи та лампи розжарювання. Розвиток світлодіодної потужності відповідає закону Гайца, який подібний до закону Мура. Він стверджує, що «кожне десятиліття вартість люмена (одиниці корисного світла)

Сьогодні світлодіоди використовуються в пристроях, пов'язаних з: освітленням, комунікаційними технологіями та візуалізацією сигналів. Світлодіоди - складаються з рп-переходу, рп-перехід складається з напівпровідникового матеріалу, легованого домішками. Струм тече від р-сторони до n-сторони матеріалу, але не у зворотніх напрямках [2]. Як згадувалося раніше, світлодіоди випромінюють світло через явище, яке називається електролюмінесценцією. Це випромінювання світла через рп-перехід при проходженні через нього електричного струму. Коли електрон стикається з діркою, він падає на нижчий енергетичний рівень і виділяє енергію у вигляді фотона, або світла. Довжина хвилі енергії, що випромінюється, залежить від ширини забороненої зони матеріалу, який використовується в рп-переході. На рис. 1.2 показаний ілюстративний приклад потоку струму та випромінювання світла через світлодіод.

У сучасному виробництві світлодіодів для створення різноманітних кольорів використовується широкий спектр матеріалів. Спочатку арсенід галію (GaAs) використовувався для створення інфрачервоних діодів через його високу рухливість електронів і низьку паразитність пристрою. У міру розвитку технологій були розроблені матеріали, які випромінюють короткі хвилі, щоб охопити ширший діапазон світлового спектру.

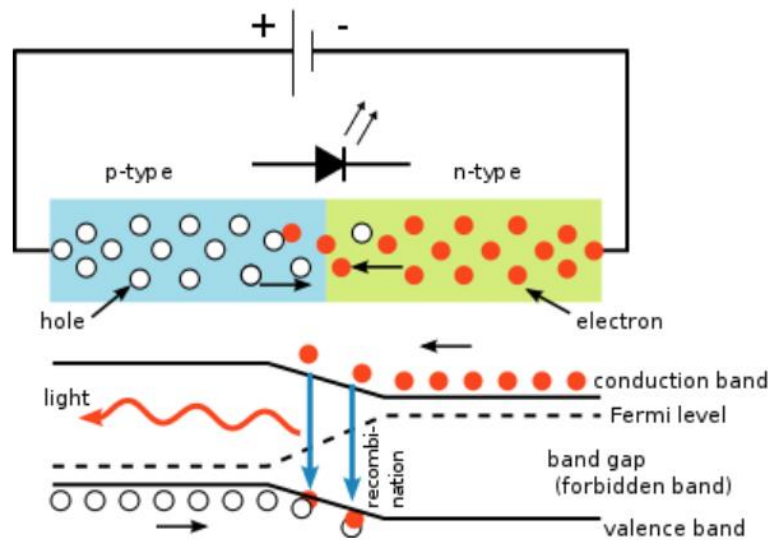


Рисунок 1.2 - Потік струму та випромінювання світла через світлодіода [2]

Світлодіоди дотримуються експоненційного співвідношення між струмом і напругою. Невелика зміна напруги може призвести до значної зміни прямого струму. Зазвичай пряма напруга світлодіода коливається в межах 1,9-4,2 В, залежно від кольору. На рис. 1.3 [16] показані I-V характеристики світлодіода.

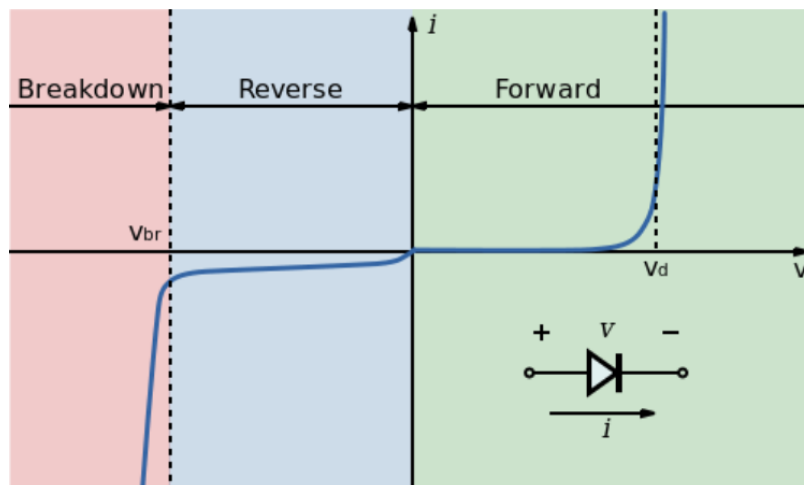


Рисунок 1.3 - Показані I-V характеристики світлодіода [16]

Завдяки цьому експоненційному відношенню керування світлодіодом стає складнішим, ніж люмінесцентною або лампою розжарювання. Для правильного зміщення світлодіода потрібен стабільний і надійний драйвер, який діє як джерело постійного струму. Для простих пристроїв це можна зробити за допомогою одного резистора, але, як правило, для стандартних

пристроїв, які вмикають/вимикають або змінюють величину прямого струму, для підтримки належної роботи схеми потрібна схема драйвера світлодіода, яка контролює вихідний струм. Схеми силової електроніки або комутаторі-регулятори використовуються для підвищення або зниження напруги джерела залежно від прямого струму світлодіодів.

Розвиток в обох областях світлодіодів та його драйверів дозволив використовувати світлодіоди в широкому діапазоні пристроїв. Візуальні індикатори, підсвічування та передача даних є деякими прикладами.

1.2. Будова DC/DC перетворювачі для живлення світлодіодів

Для правильного керування світлодіодом необхідний точний контроль струму. Є кілька речей, які слід враховувати при виборі драйвера. Очевидно, що вимоги до вхідного та вихідного струму та напруги накладають обмеження на систему. Залежно від пристроїв, навантаження може мати кілька світлодіодів, сконфігурованих послідовно, змінюючи загальну вихідну напругу навантаження. Більш складне виконання, що включає затемнення світлодіодів, вимагає швидкого та стабільного контуру керування, щоб забезпечити прямий струм через світлодіоди на безпечному рівні. У минулому лінійні регулятори були популярним варіантом, але через їх низьку ефективність промисловість перейшла на імпульсні регулятори. Перетворювачі DC/DC струму, які діють як джерело постійного струму, стали бажаним варіантом для тих, хто шукає візуальну універсальність та ефективність у своїх світлодіодних програмах. Існує широкий вибір різних варіанту перетворювачів DC/DC. Дві основні групи поділяються на неізолювані та ізолювані.

У типовому перетворювачі DC/DC контролюється вихідна напруга. Драйвер світлодіода вимагає моніторингу вихідного струму, оскільки пряма напруга є функцією прямого струму. Через це навантаження не потрібно підключати до землі, і він може належним чином працювати у плаваючій конфігурації.

На рис. 1.4 показана стандартна понижувальна схема в порівнянні з

понижувальним перетворювачем з плаваючим навантаженням. Хоча варіант дещо відрізняється, загальна функція та продуктивність залишаються такими ж.

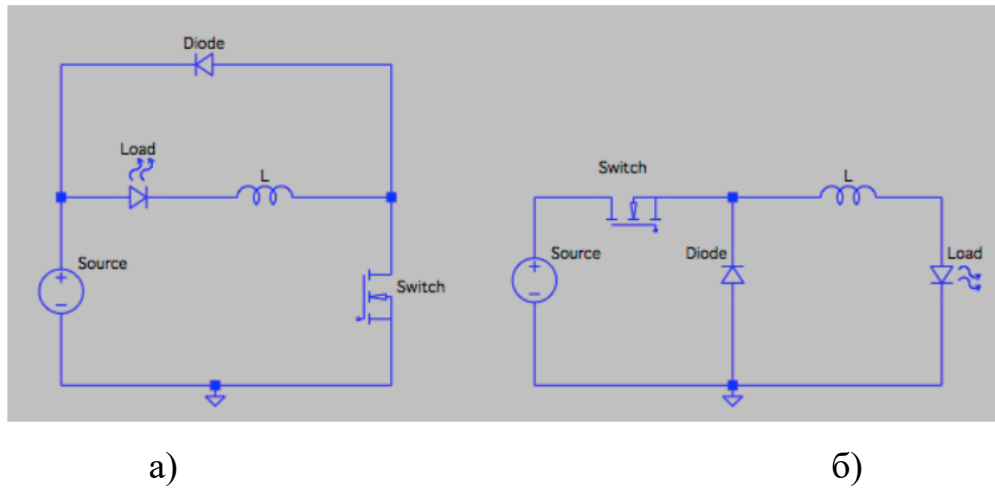


Рисунок 1.4 – Схема з плаваючим навантаженням (а) і заземленим навантаженням (б)

Для контролю вихідного струму між навантаженням і перетворювачем послідовно розміщують невеликий чутливий резистор. Інтегральна мікросхема відстежує напругу на цьому резисторі і регулює робочий цикл перетворювача, якщо напруга на цьому резисторі змінюється. Однак контур керування повинен враховувати динамічний опір конкретного світлодіода програми. Оскільки I-V характеристики є нелінійними і змінюються залежно від середнього прямого струму, для належного підтримання вихідного струму перетворювача необхідно встановити робочу точку [4]. Проста схема контуру керування показана нижче, на рис. 1.5.

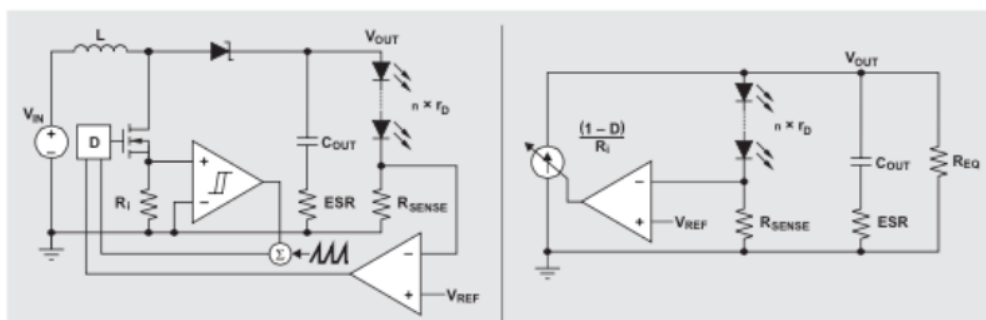


Рисунок 1.5 – Схеми керування DC-DC перетворювачем [4]

Хоча світлодіоди відповідають характеристикам I-V, показаним на рис. 1.3, нерозумно налаштовувати світлодіоди паралельно. Пряма напруга одного світлодіода в паралельній конфігурації може змінюватися залежно від різного пристрою або теплових характеристик, що робить його сприйнятливим до теплового розбігу [2]. Крім того, короткі та відкриті несправності призводять до цієї конфігурації високих стрибків струму через один світлодіод, що може зруйнувати його. Щоб уникнути цього, світлодіоди завжди налаштовуються послідовно.

Для пристроїв, що включає встановлений прямий струм, моніторинг вихідного струму стає відносно простим. Зміщення резисторів або перетворювачі DC/DC з низькою пропускнуою здатністю є простими рішеннями для простих пристроїв. Однак для пристроїв, які передбачають зміну інтенсивності світлового потоку або затемнення світлодіодів, перетворювач стає більш складним.

У промисловості існують два основних способи регулювання яскравості: аналогове затемнення та широтно-імпульсну модуляцію (ШІМ) [3].

Аналогове затемнення — це простий метод, який передбачає зміну середнього прямого струму для регулювання інтенсивності. Налаштування значення чутливого резистора за допомогою потенціометра невеликого значення може досягти цього. Однак продуктивність цього методу робить його небажаним варіантом для більш складних пристроїв. Наприклад, коли працюють ідентичні світлодіоди з однаковим прямим струмом, колір може бути не однаковим. Крім того, аналогове затемнення не може досягти того ж діапазону яскравості світла, ніж ШІМ.

ШІМ-діммування включає перехід світлодіода на 100% інтенсивності до повного вимкнення на фіксованій частоті зі змінним часом. Це можна зробити двома способами. Двопровідне ШІМ затемнення передбачало модуляцію вхідної напруги так що вихідна напруга модулюється відповідно, відключаючи струм через світлодіоди. Цей метод не дуже бажаний, оскільки вхідне джерело має бути здатним забезпечити ШІМ-сигнал [13]. Метод, на якому я зосереджу увагу в цій дипломній роботі, - це ШІМ-діммування за допомогою шунтового

пристрою. Це досягається шляхом розміщення послідовного або паралельного шунта між світлодіодами, щоб зменшити середній струм через світлодіод [13]. Послідовний шунт вимикає вихідний струм перетворювача, в свою чергу вимикаючи струм через світлодіоди. Паралельний шунт обходить світлодіодний струм через вимикач. Однак при паралельному шунті необхідно враховувати втрати потужності від опору вимикача. Цей комутатор, як правило, є PMOS, що керується драйвером високого рівня, який керується зовнішнім ШІМ-сигналом. Оскільки світлодіоди мають здатність дуже швидко включатися і вимикатися, вмикання/вимкнення непомітне, поки частота перемикавання ШІМ перевищує 100 Гц. Це означає, що світлодіод вмикається і вимикається 100 разів на секунду. Ця частота є межею, до якої людське око може помітити це перемикавання. Хоча для менш інтенсивного навколишнього освітлення (вночі), око стає більш чутливим до перемикавання і може бачити мерехтіння світла до 120 Гц. Цей метод затемнення дозволяє отримати дуже високі коефіцієнти затемнення ШІМ. Коефіцієнт затемнення ШІМ зазвичай виражається таким чином: ((Період/Час увімкнення): 1). Існують технології, які досягли коефіцієнта затемнення понад 20000:1.

Можна мати ряд світлодіодів, де окремими світлодіодами можна керувати за допомогою унікального ШІМ-сигналу. Розташувавши паралельні шунтові комутатори на кожному світлодіоді, разом із деякою дискретною логікою, можна використовувати один драйвер для керування кількома світлодіодами. Однак під час роботи з цією конфігурацією виникають деякі проблеми. Наприклад, під час роботи рядка з 8 світлодіодів є встановлена вихідна напруга, яку бачить перетворювач, що визначається напругою увімкнення світлодіодного ряду. Якщо один або кілька паралельних шунтуючих пристроїв увімкнуться, це змінить вихідну напругу. Найважчим випадком буде перехід з 8 світлодіодів на всі вимкнені. Це величезна зміна вихідної напруги. З повільним контуром керування це може призвести до того, що перетворювач думає, що в світлодіоді не тече струм, що призводить до високого стрибка струму, що подається на його вихід. Аналогічно, при перемиканні з режиму без світлодіодів на всі увімкнені, відбудеться падіння вихідного струму, що

приведе до короткого часу вимкнення яскравості світлодіодів. Тепер це не буде надто великою проблемою для схеми, яка має оптимізований контур керування. Однак при налаштуванні світлодіодів у рядку виникає інша проблема. Зазвичай на світлодіодному ряді розміщується вихідний конденсатор, який уповільнює зміну напруги на виході. Цей конденсатор обмежує реакцію контуру керування ланцюгами та здатність ланцюгів до високого коефіцієнта ШІМ. Щоб уникнути цього, вихідний конденсатор можна просто видалити. При цьому вихідна напруга не «утримується» на поточному значенні і може змінюватися набагато швидше, скорочуючи час відгуку контуру керування ланцюгами. Хоча вихідний конденсатор може бути корисним як фільтр змінного струму і може зменшити розмір котушки індуктивності, плюси переважають мінуси [12]. Ідеальне джерело струму має нескінченний вихідний опір, що дозволяє дуже швидко змінювати вихідну напругу відповідно до змін вихідного струму. При видаленні вихідного конденсатора вихідний опір є функцією котушки індуктивності та вхідної та вихідної напруги [12].

Тепер вихідний конденсатор не вилучається із схеми зовсім. Як згадувалося раніше, для контролю вихідного струму є сенсорний резистор. Розмістивши невеликий конденсатор (який можна налаштувати для оптимізації контуру керування) на цьому чутливому резисторі, напруга, яку бачить перетворювач, тепер фільтрується до сигналу постійного струму. Це дозволяє схемі функціонувати належним чином. Незважаючи на те, що вихідний струм через світлодіодний ряд тепер не фільтрований, він дорівнює струму індуктивності і містить високі пульсації. Частота перемикання перетворювача набагато вище межі 120 Гц, тому пульсації не помітні неозброєним оком.

Для підтримки належного вихідного струму в перетворювачі необхідний оптимізований контур керування. Завдання контурів керування полягає в тому, щоб контролювати струм світлодіода за допомогою сенсорного резистора, про який говорилося раніше, і регулювати робочий цикл комутатора так, щоб не відбувалося великих коливань вихідного струму або напруги. Чим швидше контур керування, тим швидше схема здатна реагувати на зміни вихідної

напруги, що призводить до високих коефіцієнтів затемнення ШІМ [4]. Сенсорний резистор є першим кроком у цьому контурі керування. Компаратор контролює цю напругу в порівнянні з її опорною напругою, а вихідний сигнал надсилається іншому компаратору. Цей другий компаратор має опорний сигнал трикутної хвилі. Залежно від значення виходу першого компаратора вихід другого компаратора буде відповідним чином регулюватися, щоб контролювати робочий цикл перетворювача. Це змінить величину вихідного струму. Цей спосіб регулювання робочого циклу головного вимикача називається компенсацією нахилу.

У типовому драйвері світлодіодів резистор і конденсатор, підключені до контакту на мікросхемі, використовуються для зміни швидкості контуру керування, що робить мікросхему більш універсальною для різних пристроїв.

1.3 Висновки до розділу

Адаптивні гальмівні сигнали — це гальмівні сигнали, яскравість яких змінюється залежно від положення педалі тормоза. Адаптивні фари змінюють кут світла в залежності від положення керма, щоб освітлювати більше дороги. Це корисно, коли автомобіль повертає, і освітлює тротуар або інші об'єкти, які можуть перешкодити транспортному засобу. Обидві ці системи є спробою надати водіям більше інформації про їхнє оточення, що робить дорогу безпечнішою.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Загальні умови до проектування системи адаптивного освітлення

Як згадувалося в попередніх розділах, метою цієї дипломної роботи є розробка та створення аналогових і цифрових драйверів адаптивних систем освітлення з використанням інтегральних схем. Для цього я буду налаштовувати два різні варіанти, використовуючи дві різні мікросхеми, які відрізняються за продуктивністю та ціною.

- *Варіант 1: висока ціна і висока продуктивність*

Для першого варіанта я спробую створити високопродуктивний, але дорогий драйвер, який дозволить дуже високі коефіцієнти ШІМ затемнення та індивідуальний контроль над кожним світлодіодом.

- *Варіант 2: низька ціна та середня продуктивність*

Наступний варіант використовуватиме лише 1 драйвер світлодіодів для керування рядом світлодіодів. Це зведе до мінімуму кількість необхідних деталей, але зменшить швидкість і продуктивність драйвера. Однак необхідно створити рішення для керування окремими світлодіодами, щоб забезпечити повний контроль навантаження.

Проте ці варіанти будуть інтегровані в автомобільну систему, тому важливо визнати обмеження системи. В автомобілі джерело живлення обмежується автомобільним акумулятором. Повністю заряджений акумулятор матиме номінальну напругу 12,6 В. Під час циклу зарядки акумулятора генератор підвищує напругу до 13,8 - 14,4 В. Повністю розряджена батарея знизить напругу до 12 В. Щоб забезпечити належну роботу моїх схем драйвера, я прийму діапазон вхідної напруги 9-16 В.

Вихідна напруга системи буде залежати від розміру навантаження або світлодіодного ряду. Для імітації гальма, фар буде використовуватися масив із 12 світлодіодів. Вихідна напруга може коливатися від 0В до 40В. Необхідна кількість вихідного струму буде різною для конкретних пристроїв. Залежно від того, наскільки яскраво повинні світитися світлодіоди для конкретного пристрою, змінюється величина вихідного струму. Для застосування гальмівних фар вистачить вихідного струму 500 мА - 1 А, який достатньо освітлює дорогу.

В автомобілі електрична система піддається широкому діапазону перешкод з точки зору ЕМІ. Автомобіль — це, по суті, велика металева клітка, яка сприймає сигнали з навколишнього середовища. Через велику різноманітність електричних компонентів, таких як радіо, важливо переконатися, що кожна система розроблена таким чином, щоб уникнути перешкод у сусідніх системах. Перемикаючі стабілізатори випромінюють велику кількість електромагнітних полів у межах свого діапазону частот комутації. Як згадувалося раніше, популярною і важливою системою в автомобілі є радіо. Радіочастоти можуть бути в діапазоні АМ або FM. Діапазон АМ коливається в межах 535-1605 кГц, а діапазон FM коливається від 88 до 108 МГц. Щоб уникнути цих діапазонів частот, частоти перемикання аналогових перетворювачів будуть встановлені нижче 500 кГц або вище 120 МГц. Робота на вищій межі цієї межі дозволить зменшити розмір індуктора через менший період. Однак перетворювачі DC/DC мають мінімальні вимоги до часу, які варіюються від конвертора до перетворювача. Коли вихідний сигнал перетворювача становить 0 В (якщо світлодіоди не провідні), це може стати проблемою. Такий короткий період може призвести до неправильної роботи перетворювача. З цієї причини частота перемикання перетворювача буде встановлена на нижньому кінці діапазону частот.

Іншим системним обмеженням, яке слід враховувати, є розмір системи. Це важливо пам'ятати, оскільки кількість місця, відведеного для фар або стоп-сигналу в автомобілі, дуже обмежена. Як правило, індуктор є компонентом, який займає стійку кількість місця. Як згадувалося раніше, частота перемикання буде встановлена нижче 500 кГц, що призведе до збільшення індуктивності. Щоб зменшити розмір дроселя, величину пульсації струму індуктивності можна збільшити (див. рівняння 2.1 і рис. 2.1). Стандартним є можливість пульсації струму через індуктивність становити 5%-30% від нормального робочого струму. [15] Більша пульсація також впливає на вихідний конденсатор. Оскільки конденсатор забезпечує шлях з низьким опором для високочастотних сигналів, більша пульсація може викликати пульсації напруги на виході через еквівалентний послідовний опір

конденсатора. Великі пульсації вихідної напруги небажані для навантаження, якщо вона вимагає постійної робочої напруги. Конденсатори з низьким ESR коштують дорожче, тому про це варто пам'ятати.

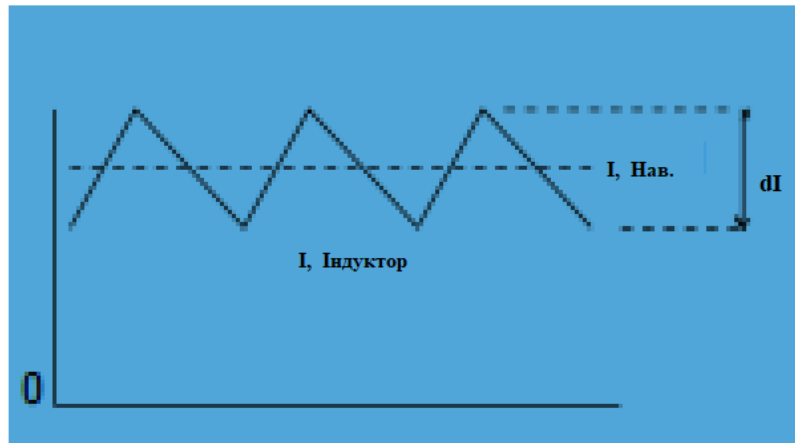


Рисунок 2.1 - Стандартна пульсація струму індуктора в безперервному режимі

$$\frac{U_L}{L} = \frac{dI_L}{dt} \quad (2.1)$$

Ще одним основним компонентом перетворювача DC/DC є комутатор. Залежно від робочого струму та частоти перемикачів можна визначити, який комутатор підходить для роботи. Є дві основні якості вимикача, на які слід звернути увагу: опір увімкнення та заряд затвора комутатора. Ці два компоненти зазвичай обернено пов'язані. Комутатор із великим опором увімкнення матиме невеликий заряд затвора, і навпаки. Опір увімкнення комутатора визначає кількість енергії, втраченої під час провідності, або час увімкнення вашого перетворювача. Залежно від робочого циклу та вихідного струму перетворювача, більший опір увімкнення може бути в порядку. Якщо частота перемикачів перетворювача дуже висока, вигідно мати комутатор з невеликим зарядом затвора, що дозволить йому перемикатися з більшою швидкістю.

Варіанти, реалізовані в цій дипломній роботі, будуть мати несинхронний характер. Таким чином, фіксуючий діод в перетворювачі DC/DC є важливим компонентом. Оскільки частота перемикачів перетворювача буде нижче 500

кГц, «швидкий» діод не потрібен. «Швидкий» діод матиме швидкий час включення, а також швидкий час реверсного відновлення. Ідеальною є мінімальна втрата потужності, оскільки діод буде розсіювати невелику кількість енергії під час провідності. Ці втрати провідності визначаються опором увімкненого діода. Іншим варіантом може бути використання синхронного DC/DC перетворювача. Синхронний перетворювач використовує два МОП-транзистора замість одного МОП-транзистора і діод для виконання тих же можливостей, що і стандартний несинхронний перетворювач. Однак це дорожчий варіант, оскільки мікросхема, необхідна для роботи синхронного перетворювача, дорожча. Замість того, щоб контур керування враховував один сигнал перемикавання, тепер він повинен враховувати два сигнали перемикавання. Це непотрібна опція для моїх програм.

Для керування світлодіодами буде використовуватися прямокутний сигнал із змінним робочим циклом для керування шунтуючим комутатором. Буде використаний мікроконтролер з контактами GPIO. Оскільки ця схема буде включати 12 світлодіодів, важливо, щоб мікроконтролер мав щонайменше 12 контактів GPIO, щоб кожен світлодіод мав свій унікальний ШІМ-сигнал. Крім того, для імітації положення педалі гальма або керма мікроконтролер зчитує зовнішнє джерело напруги. Для імітації цієї зовнішньої напруги буде використовуватися потенціометр. Для цього мікроконтролеру знадобиться АЦП.

Зрештою, ці два варіанти будуть інтегровані, щоб працювати як адаптивна система освітлення для автомобілів.

2.2 Проектування та моделювання системи адаптивного освітлення

У цьому розділі конструкція неізолюваних перетворювачів DC/DC буде налаштована на роботу як джерело постійного струму для живлення ланцюга світлодіодів. Будуть розроблені два різні варіанти (обговорюваних у попередньому розділі) з використанням понижувальної або підсилювальної схеми. Мікроконтролер, що виконує команди, написані на мові C, буде

використовуватися для створення сигналів ШІМ для відповідних шунтів, щоб змінити яскравість навантаження. Індивідуальний контроль кожного світлодіода буде ключовим при розробці цього проекту. Після всього сказаного і зробленого, два різні варіанти з різними характеристиками продуктивності, зможуть виконувати подібне адаптивне освітлення.

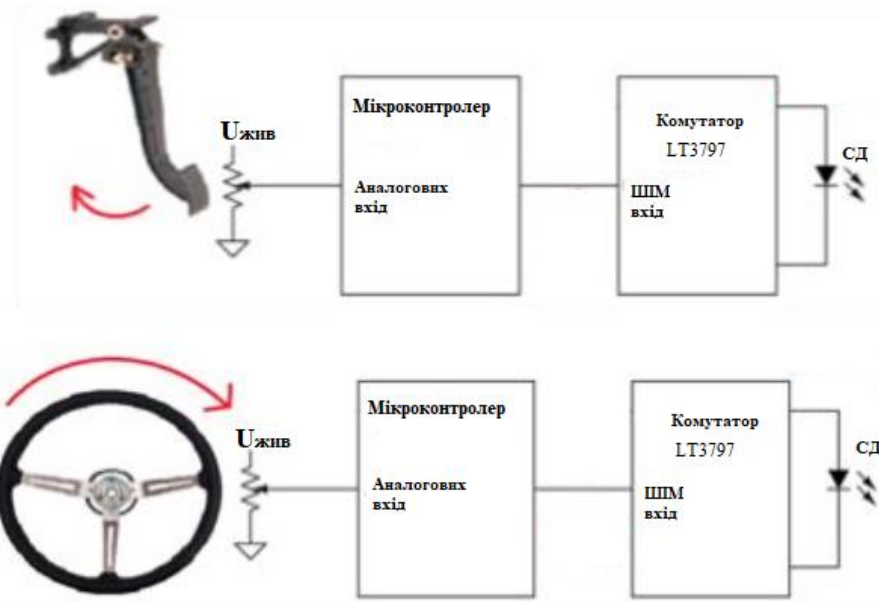


Рисунок 2.2 - Модель систем адаптивного освітлення

Варіант 1: Висока ціна, висока продуктивність з використанням LT3797 понижаючого драйвера.

Таблиця 2.1. – Системні вимоги для схеми варіант 1

$U_{ВХ}$	9-16 В
$U_{ВИХ}$	0-3В
$I_{ВИХ}$	1 А
$f_{ПЕРЕКЛЮЧЕННЯ}$	310 кГц

Для цього першого варіанту кожен світлодіод матиме власний драйвер. Оскільки вхідний сигнал завжди буде більшим за вихідний, буде використовуватися понижувальна варіант. Схема буде керувати 1 червоним світлодіодом на 1 А. Частота перемикання була вибрана (дещо довільно) на

основі обмежень, наведених у попередньому розділі. На рис 3.2 показано схему пониження постійного струму.

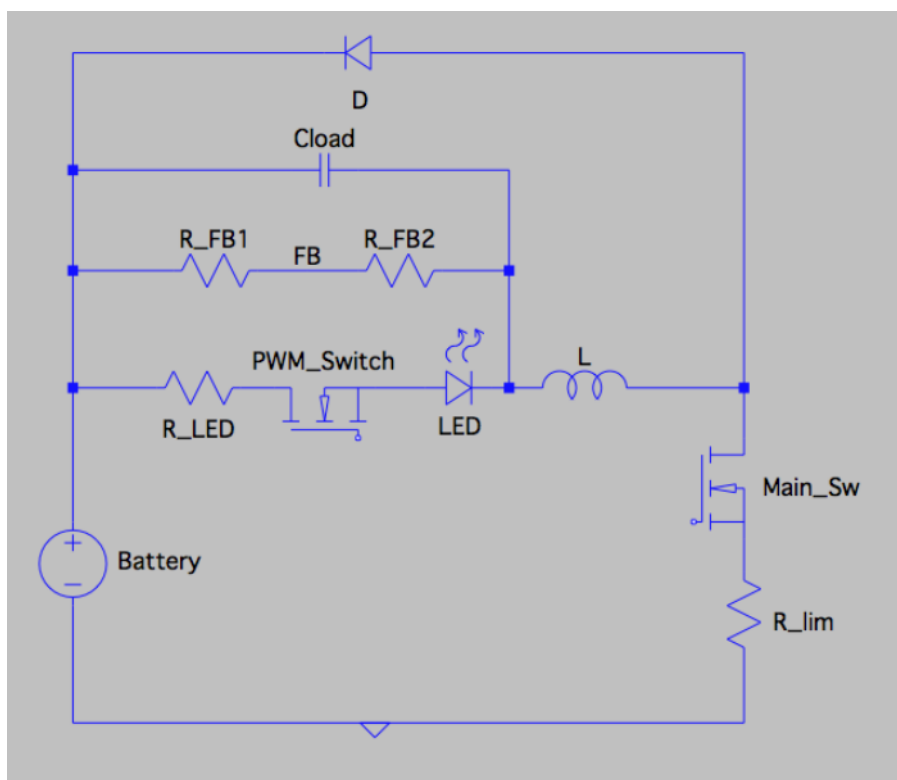


Рисунок 2.3 - Схема пониження постійного струму

Оскільки світлодіоди вимагають постійного струму, можна використовувати конфігурацію плаваючого навантаження (не підключену до землі). Основні компоненти схеми: індуктор (L), головний вимикач (Main SW) і діод (D). Навантаження (світлодіод) підключається від входу котушки індуктивності. Шунтуючий комутатор підключається від вхідної клемі до позитивного вузла світлодіодів. У цьому варіанті використовується послідовний шунт через єдине світлодіодне навантаження. Цей комутатор керується зовнішнім ШІМ-сигналом, який відкривається і закривається, дозволяючи імпульсам струму проходити через світлодіоди. Резистор, включений послідовно з навантаженням, R_LED, контролює постійний струм через світлодіоди. Мікросхема буде стежити за напругою на цьому резисторі, тому зміна номінального значення змінить струм через навантаження. Мережа зворотнього зв'язку, яка складається з R_FB1, R_FB2 і вихідного конденсатора Cload, забезпечує захист від перенапруги. ЗВП (захист від перенапруги)

необхідний у випадку, якщо світлодіод розмикається. Він не тільки захищає світлодіоди від перевищення максимальної прямої напруги, але і ШІМ-комутатор. Нарешті, резистор послідовно з головним комутатором R_{lim} , встановлює максимальний піковий струм комутатора, дозволений схемою. Струм через комутатор матиме пульсацію, яка встановлюється індуктивністю, тому R_{lim} забезпечує безпечний рівень струму через вимикач під час циклу зарядки. Хоча це трохи відрізняється від стандартного варіанта, цикли зарядки та розрядки схожі. На рис. 2.4 показаний цикл зарядки.

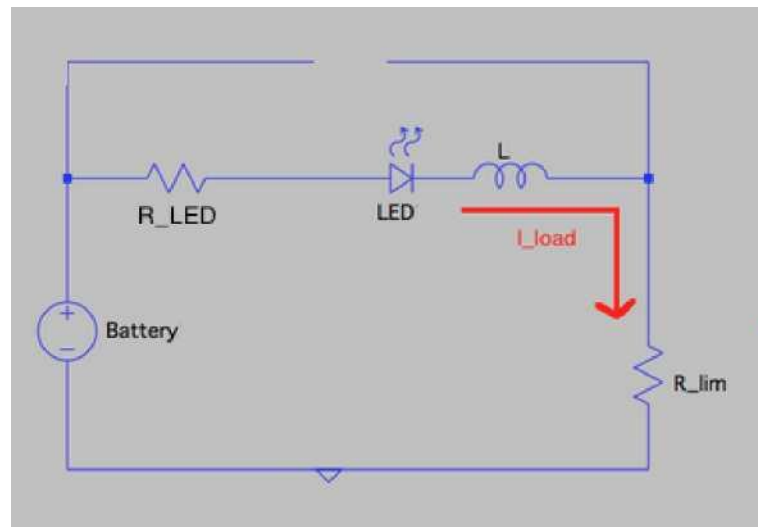


Рисунок 2.4 - Схема циклу зарядки перетворювача

Коли головний вимикач знаходиться у включеному стані, діод має зворотне зміщення і не проводить струм. Струм тече від входу, через навантаження, індуктор і головний вимикач. Напруга на дроселі індуктивності є позитивною (показано в рівнянні 2.2), що заряджає індуктивність.

$$U_{L, \text{заряд}} = U_{\text{вх}} - U_{\text{вих}} \quad (2.2)$$

Під час циклу розрядки перетворювача вимикач вимкнений (розімкнене коло) і діод зміщений вперед. На рис. 2.5 показано цикл розряду понижувального перетворювача, а рівняння 2.3 показує напругу на індуктивності протягом цього часу.

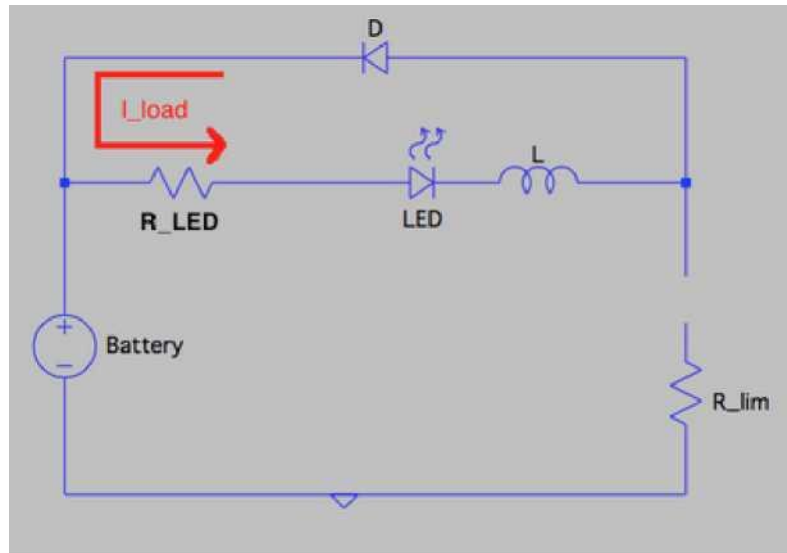


Рисунок 2.5 - Схема циклу розряду понижувального перетворювача

$$U_{L, \text{розряд}} = U_{\text{вх}} - U_{\text{вих}} - U_{\text{вх}} = -U_{\text{вих}} \quad (2.3)$$

$$\text{де } U_{\text{вих}} = U_{\text{СД}}$$

Позитивна напруга на дроселі індуктивності викликає струм через індуктивність і MOSFET для лінійного збільшення або зарядки. Коли комутатор вимикається, напруга на індуктивності тепер негативна і розряджається через діод, все ще циркулюючи через навантаження. Індуктивність і струм комутатора мають таку саму трикутну форму сигналу, що й звичайний понижувач.

Струм через котушку індуктивності відповідає співвідношенням, показаним у рівнянні 2.1. Допускаючи 700 мА від піку до піку пульсації, або близько 35% середнього вихідного струму, через індуктор, можна використовувати індуктор 12 мкГн. Рівняння 2.4 показує виведення цього розрахунку.

$$\frac{U_L}{L} = \frac{dI_L}{dt} \Rightarrow L = (U_{ex} - U_{вих}) \cdot \frac{\Delta t_{вк}}{\Delta I_L} = \frac{(16B - 3B) \cdot 0,6 мкс}{700 мА}$$

$$\text{де } \Delta t_{вк} = \frac{U_{вих}}{U_{ex}} \cdot T = \frac{3}{16} \cdot 3,2 мкс \quad (2.4)$$

$$L = 12 мкГн$$

Однак це значення індуктивності не враховує поточні номінали для пристроїв. Індуктори мають два різні номінальні струми; струм насичення та середньоквадратичний струм. Струм насичення вказує на межу, при якій пристрій збереже свою номінальну індуктивність. Після цього значення індуктивність приладу зменшується. Вибираючи це значення, важливо вибрати значення, яке достатньо перевищує середній вихідний струм. Середньоквадратичне значення враховує тепловіддачу, яку може витримати пристрій. Як правило, ці два значення відносно близькі один до одного. Оскільки середній вихідний струм цього варіанта буде 1 А, I_{SAT} і I_{RMS} має бути близько 1,5-2А.

Разом з індуктивністю повинні бути розраховані обидва вимикача. Для цього необхідно розрахувати максимальну напругу на кожному вимикачі. Комутатор невеликого розміру, швидше за все, зламається і спричинить проблеми для нашої схеми. Головний вимикач, або Main_SW на рис 2.3, матиме максимальну напругу, коли він в розімкненому стані. Це відбувається під час циклу розрядки. Рівняння 2.5 показує виведення.

$$U_{гол.комутатора} = U_{ex} = 16B \quad (2.5)$$

ШІМ-комутатор виконує той самий процес. Максимальна напруга на вимикачі буде, коли він в розімкненому стані. Це може статися під час циклу зарядки або розрядки, тому важливо подивитися на максимальну напругу комутатора в обох випадках. Рівняння 2.6 показує розрахунок.

$$U_{ШІМ.комутатора} = U_{вих} = U_{сд} \quad (2.6)$$

Максимальна пряма напруга виникає, коли діод має зворотне зміщення. Це відбувається під час циклу зарядки. Рівняння 2.7 показує розрахунок діода.

$$U_{\text{діода}} = U_{\text{ex}} = 16V \quad (2.7)$$

Тепер, коли основні компоненти визначено, я виберу мікросхему для роботи. Інтегральна мікросхема, яку я буду використовувати для цього варіанту, буде LT3797. Це триканальний світлодіодний драйвер, який задовольняє мої вимоги до дизайну. Вхідна напруга може варіюватися від 2,5 В - 60 В з вихідною напругою до 60 В. Ця мікросхема може працювати з навантаженням до 35 Вт, що більш ніж достатньо для цієї схеми. Триканальний світлодіодний драйвер означає, що на одній мікросхемі, по суті, є три драйвери, що дозволяють 3 окремих навантаження, які можна керувати окремо. Ця мікросхема може визначати вихідний струм на стороні високого навантаження, забезпечуючи швидке відключення, якщо необхідно. Він також має ЗВП. Один канал схеми LT3797 показаний на рис. 2.6. Як ви можете зрозуміти, LT3797 налаштований як джерело постійного струму, щоб отримати правильний рівень вихідного струму, резистор між вузлами ISP і ISN повинен бути розрахований відповідно до рівняння 2.8 [9].

$$I_{\text{ex}} = \frac{250\text{mV}}{R_{\text{CD}}} = 1A \Rightarrow R_{\text{CD}} = 250\text{m}\Omega \quad (2.8)$$

Щоб переконатись, що піковий струм через комутатор не пошкодить комутатор, $R_{\text{Вимикач}}$, резистор між Sense_p і Sense_N, повинні бути відповідно до рівняння 2.10. Допустимий піковий струм повинен бути більшим за номінальний. Рівняння 2.9 показує розрахунок середнього вихідного струму.

$$I_{\text{вих.сеп}} + \frac{I_{\text{пікове}}}{2} \langle I_{\text{мак.пікове}} \rangle 1A + 350\text{mA} = 1,35A \quad (2.9)$$

Піковий вихідний струм буде встановлений на 1,6 А. Рівняння 2.10 [9] обчислює значення перемикаючого резистора з цим піковим вихідним струмом.

$$R_{\text{комут.}} = \frac{80\text{мВ}}{I_{\text{комут.}}} = \frac{80\text{мВ}}{1,6\text{А}} = 50\text{мОм} \quad (2.10)$$

Далі - величина резисторів зворотного зв'язку. Для LT3797 мікросхема контролює напругу від ISP до FB або напругу на R1. Як тільки ця напруга досягає 1,25 В, мікросхема вимикає струм навантаження. На відміну від звичайних навантажень, що регулюються напругою, мережа зворотного зв'язку забезпечує, що вихідна напруга не зникне в разі пробитого світлодіода. Ця мережа зворотного зв'язку є резервною для резистора, що обмежує струм, R_{СД}. Величина зворотнього зв'язку визначається відповідно до рівняння 2.10 [9].

$$U_{\text{вих}} = 1,25 \frac{R_{\text{FB1}}}{R_{\text{FB1}} + R_{\text{FB2}}} \quad (2.10)$$

Встановивши ЗВП на 5 В, на 2 В вище стандартної прямої напруги сингла СД, R_{FB1} і R_{FB2} може мати такі розміри: R_{FB1} = 220 кОм. R_{FB2} = 680 кОм.

Вихідний конденсатор, розміщений через світлодіод і мережу зворотного зв'язку, визначатиме швидкість, з якою коло керування реагує на постійну зміну між включенням/вимкненням вихідного струму під час циклів затемнення ШІМ. Ця величина конденсатора буде обговорено далі в цьому розділі.

На рис. 2.6 показаний один канал LT3797, налаштований у режимі зниження з розрахованими значеннями компонентів.

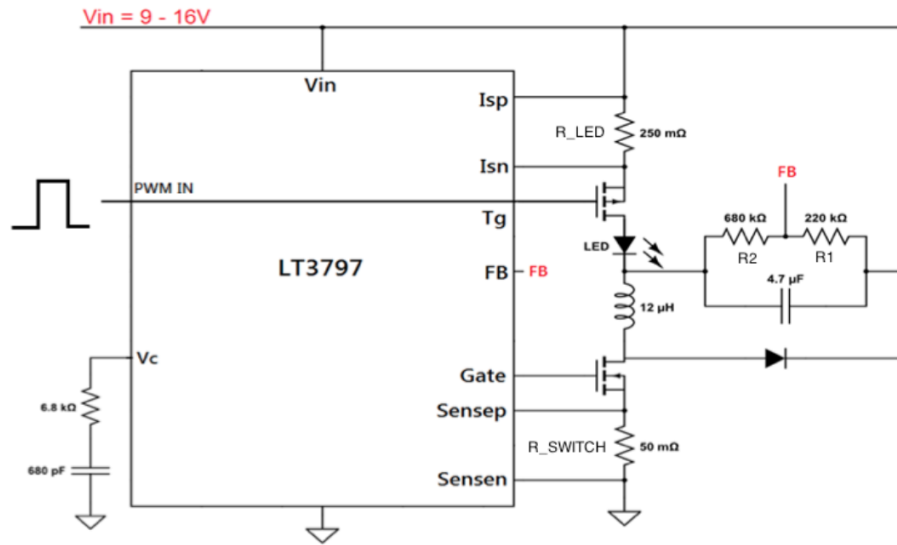


Рисунок 2.6 - Схема одного каналу мікросхеми LT3797

Перед тестуванням компенсаційної ланки важливо переконатися, що схема працює з належними характеристиками. На рис. 2.7 показана повна схема LT3797 в LTSpice з 3 каналами, налаштованими в режимі знижування з вихідним струмом 1 А.

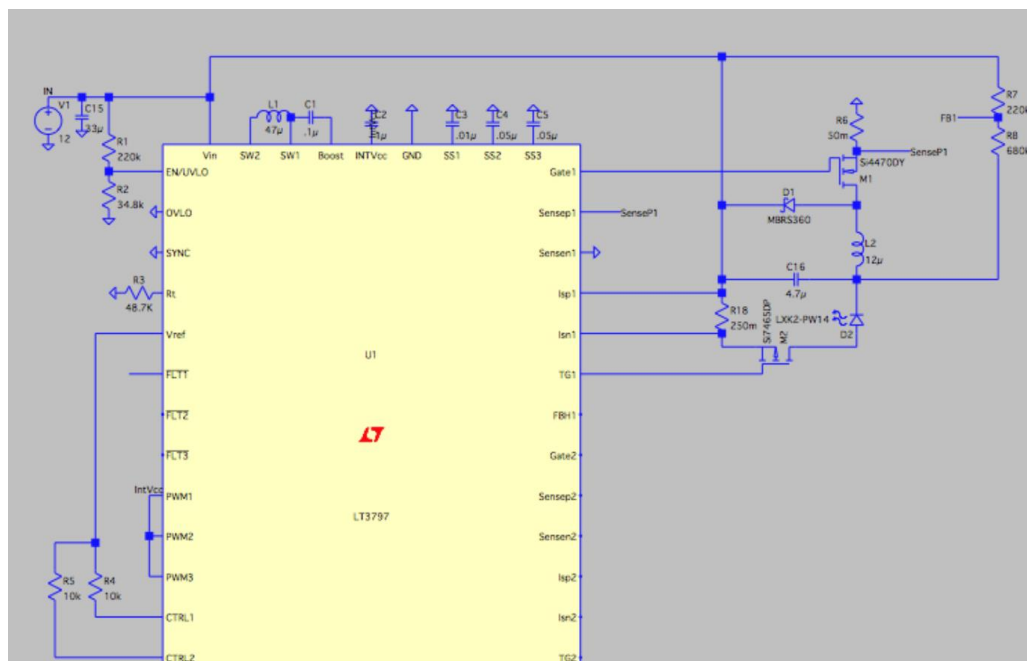


Рисунок 2.7 – Повна схема мікросхеми LT3797 в LTSpice з 3 каналами

На рис. 2.8 показано правильний вихідний струм через кожний канал з світлодіодами.

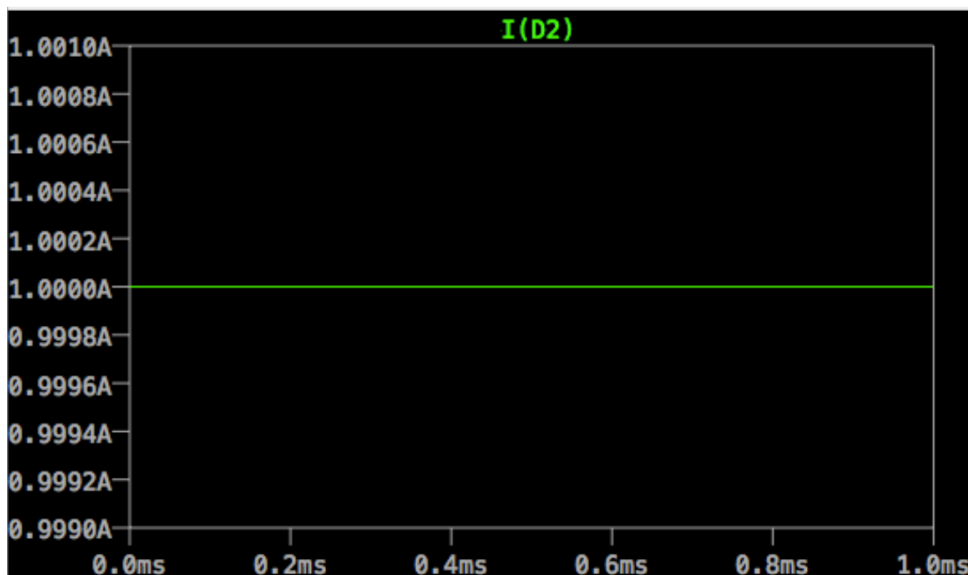


Рисунок 2.8 – Осцилограма вихідного струму на світлодіоді

Ще одним важливим компонентом цієї конструкції є компенсаційна ланка. Як згадувалося в цьому розділі, існує RC-ланка, підключена до U_C мікросхеми. Коли значення цієї ланки RC змінюються, вона змінює швидкість, з якою реагує контур керування. Щоб перевірити швидкість схеми, я можу використовувати контакт CTRL на мікросхемі. Цей контакт CTRL дозволяє виконувати аналогове затемнення. Керуючий контакт може бути зміщений від 0-1,25 В, щоб змінити рівень вихідного струму. Наприклад, коли $U_{CTRL} = 0,75V$, вихідний струм становитиме 50% від середнього значення. При введенні прямокутного імпульсу, який коливається між 0,75 В і 1,25 В, вихідний струм драйвера буде постійно змінюватися від 50% до 100%. Аналізуючи перехідну характеристику, я можу налаштувати значення ланки компенсації RC, а також вихідний конденсатор, щоб отримати значення, які оптимізують швидкість схеми. Це простий і швидкий спосіб перевірити швидкість. Однак цей метод не дає точних числових значень, як це дає аналіз діаграми. На рис. 2.9 показано налаштування для цієї схеми.

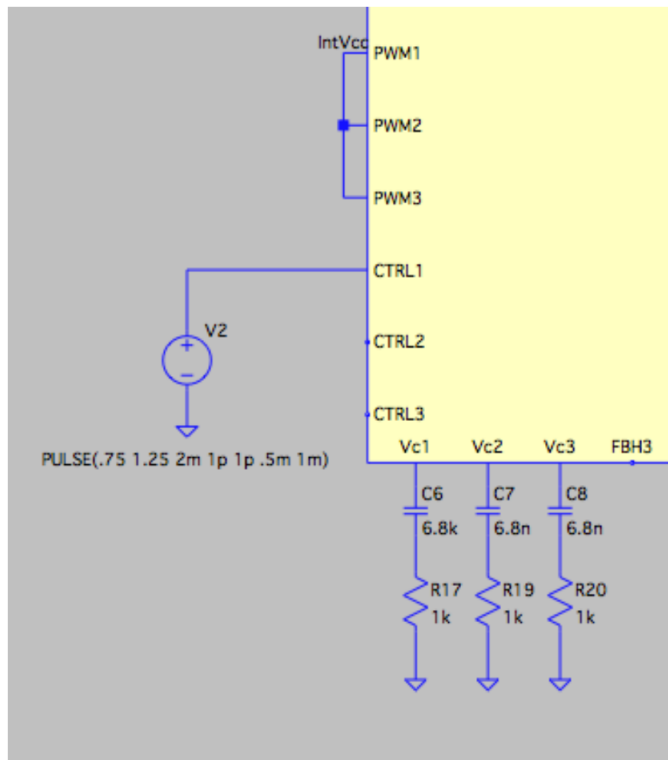


Рисунок 2.9 – Налаштування аналогового вимірювання з використанням LT3797

На рис. 2.10 показана найкраща перехідна характеристика тесту. Елементи ланки RC та вихідні конденсатори, які дали цю перехідну характеристику, можна побачити в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Значення елементів для схеми варіант 1

Елемент	Величина
R	5 кОм
C	4,7 нФ
C _{вих}	4,7 мкФ

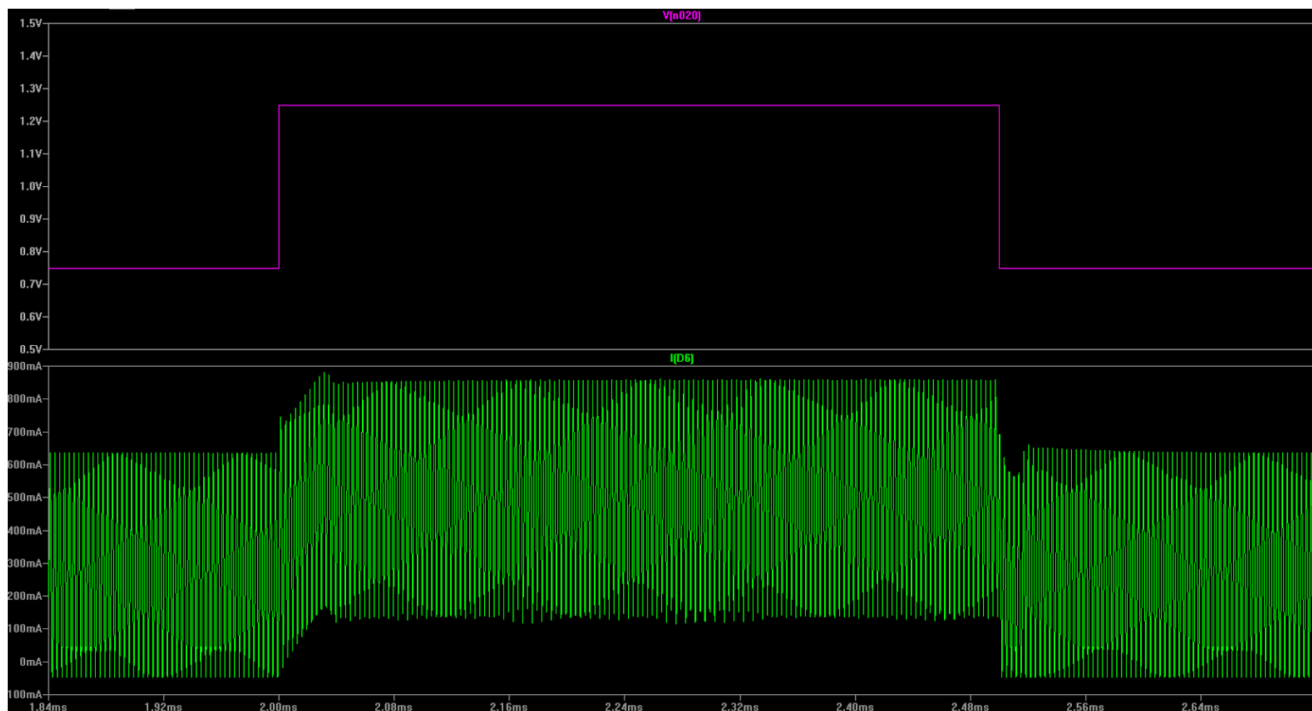


Рисунок 2.9 – Осцилограма напруги і струму на вихідному контакті з ШІМ модуляцією для першого варіанту

Варіант 2: Низька ціна, середня продуктивність із використанням мікросхеми LT3755.

Для цього другого варіанту один драйвер буде управляти 8 світлодіодами. Системні вимоги для варіанта 2 можна побачити в табл. 2.3.

Таблиця 2.3. – Системні вимоги для схеми варіант 2

$U_{ВХ}$	9-16 В
$U_{ВІХ}$	0-30В
$I_{ВІХ}$	500 мА
$f_{ПЕРЕКЛЮЧЕННЯ}$	400 кГц

Ця система дещо складніша через вимоги до вхідної та вихідної напруги. У моменти, коли всі світлодіоди включені, вихідна напруга може бути вище вхідної. Однак також бувають випадки, коли світлодіоди виключені, а вихідна напруга нижча за вхідну. Через це необхідний DC/DC перетворювач, який підвищує вхідну напругу до певної точки, а потім знижує її, залежно від того, скільки світлодіодів підключено. Ця схема буде налаштована на керування 8 білими світлодіодами на 500 мА. Знову ж таки, частота переключення була

обрана дещо довільно на основі тем, обговорених у главі 1. Блок-схема варіанту підсилення, а потім пониження напруги показана на рис. 2.10.

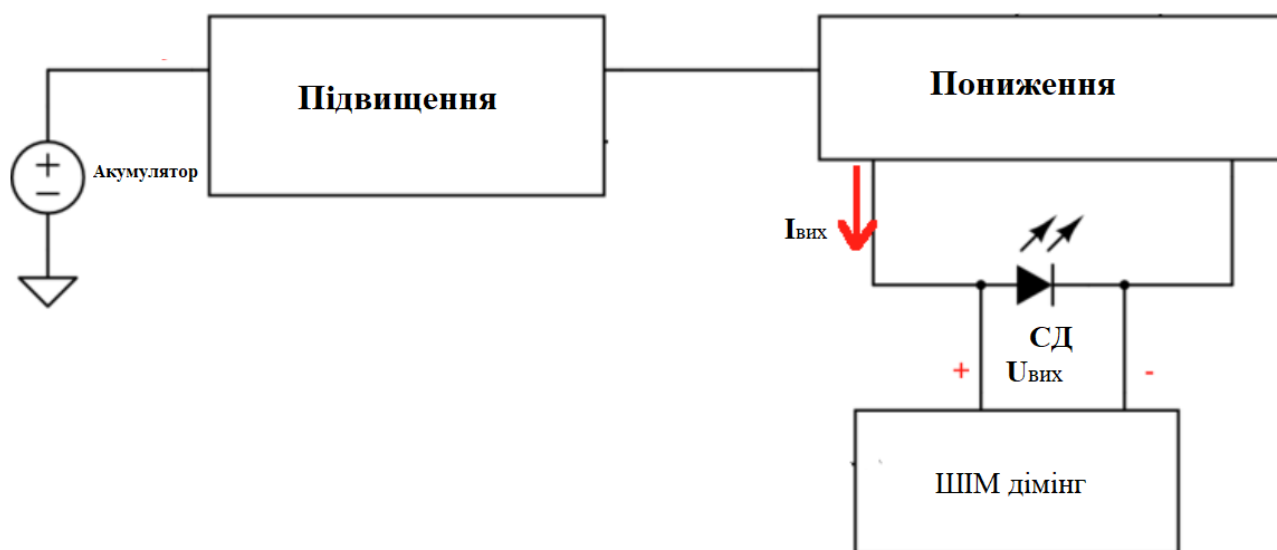


Рисунок 2.10 – Блок-схема варіанту підсилення, а потім пониження напруги

Оскільки кінцевою метою є запуск 12 світлодіодів у системі, дві мікросхеми будуть використовуватися для запуску 6 світлодіодів кожен. У цьому дизайні буде використовуватися LT3755. Ця мікросхема здатна управляти навантаженням потужністю 50 Вт з діапазоном вхідної напруги від 8 до 40 В. Ця мікросхема має схожі характеристики, як і LT3797. Мережа зворотного зв'язку та вимірювання струму відповідають подібним правилам, які були розглянуті раніше в цій главі.

Перш ніж розробити схему підсилення та пониження, проект підсилення та понижувача залишатиметься окремими для підтримки стабільності. Після того, як обидва спроектовані, їх можна об'єднати для остаточного дизайну.

1-й етап: контур попереднього підсилення

Як показано на рис. 2.10, схема попереднього підсилення, підвищить напругу акумулятора до напруги, що перевищує максимальну вихідну напругу. Як згадувалося раніше, кожна мікросхема буде працювати з 8 світлодіодами для максимальної прямої напруги між 24-30 В, залежно від кольору. Надійну

вихідну напругу для підсилення можна встановити на 40 В. Ця схема буде підтримувати регулювання вихідної напруги, працюючи як стандартне підвищення, показане на рис. 2.11.

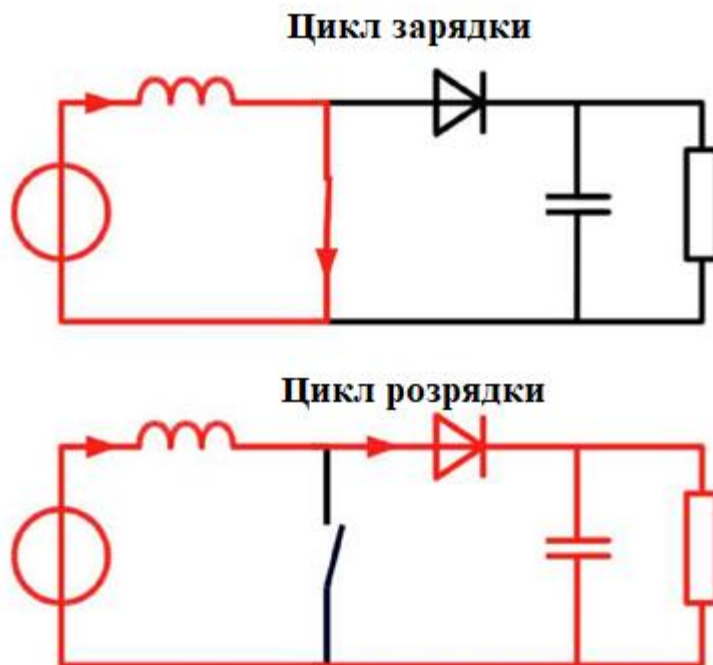


Рисунок 2.11 – Схема стандартних циклів зарядки та розрядки

Коли головний вимикач є в замкнутому стані, напруга на індуктивності дорівнює $U_{вх}$, як показано в рівнянні 2.11.

$$U_{L,заряд} = U_{вх} \quad (2.11)$$

Коли комутатор вимкнено, діод є провідним, напругу на індуктивності можна побачити з рівняння 2.12.

$$U_{L,розряд} = U_{вх} - U_{вих} \quad (2.12)$$

де $U_{вих} = U_{CD}$

Рівняння 2.13 показує робочий цикл стандартної схеми підсилення.

$$D = 1 - \frac{U_{ex}}{U_{вих}} = 1 - \frac{12}{40} = 0,7 \quad (2.13)$$

Розмір індуктивності виконується аналогічним чином, як і схема №1. Відповідно до рівняння 2.1, індуктор може бути розрахований на 22 мкГн із пульсацією струму 300 мА від піку до піку. Розрахунок приведений в рівнянні 2.14.

$$\frac{U_L}{L} = \frac{dI_L}{dt} \Rightarrow L = (U_{ex}) \cdot \frac{\Delta t_{ек}}{\Delta I_L} = \frac{(12B) \cdot 1,75 \mu s}{700 mA} \quad (2.14)$$

$$L = 22 \text{ мкГн}$$

Оскільки це лише схема попереднього підсилення, ШІМ-комутатора немає, тому розмір основного вимикача повинен бути визначений. Як і раніше, максимальна напруга на комутаторі виникає під час циклу розрядки, коли комутатор вимкнено. Рівняння 2.15 показує максимальну напругу комутатора.

$$U_{\text{комут.мак}} = U_{\text{вих}} = U_{\text{сд}} = 40V \quad (2.15)$$

Максимальна напруга на діоді - це коли він не проводить струм під час циклу зарядки. Рівняння 2.16 показує максимальну напругу діода.

$$U_{\text{діода.мак}} = U_{\text{вих}} = U_{\text{сд}} = 40V \quad (2.16)$$

Поряд зі стандартними компонентами підсилення, показаними на рис. 2.11, у цій конструкції буде присутній зворотний зв'язок вихідної напруги та виявлення пікового струму перемикачання. На рис. 2.12 показаний повний контур попереднього підсилення.

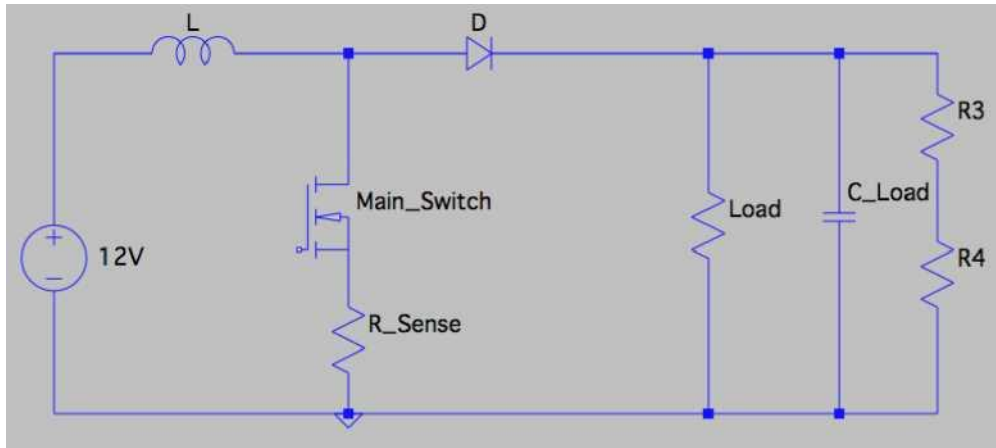


Рисунок 2.12 – Схема повного контура попереднього підсилення

Для регулювання вихідної напруги будуть використовуватися резистори R3 і R4. R_{Sense} буде використовуватися для підтримки безпечного рівня пікового струму перемикавання.

Зворотній зв'язок буде увімкнено за допомогою резистивного дільника R3 і R4 на виході підсилення. LT3755 має дві ланки зворотного зв'язку; один для ЗВП і один для контролю вихідного струму. Підвищення буде використовувати ЗВП для підтримки вихідної напруги. Рівняння 2.17 показує розрахунок для резисторів зворотного зв'язку [8].

$$U_{вих} = 1,25 \frac{R_3}{R_3 + R_4} = 40V \Rightarrow R_3 = 1MOm, R_4 = 32,4kOm \quad (2.17)$$

R_{Sense} розмір може бути визначений відповідно до рівняння 2.18 [8]. Пам'ятайте, що це резистор, необхідний для підтримки безпечного рівня пікового струму перемикавання.

$$R_{Sense} < \frac{U_{вих} \cdot 0,07}{P_{вих}} = 2mMOm \Rightarrow R_{Sense} = 15mOm \quad (2.18)$$

Тепер, коли величина усіх компонентів визначено, можна провести моделювання, щоб забезпечити належну вихідну напругу. На рис. 4-13 показана схема.

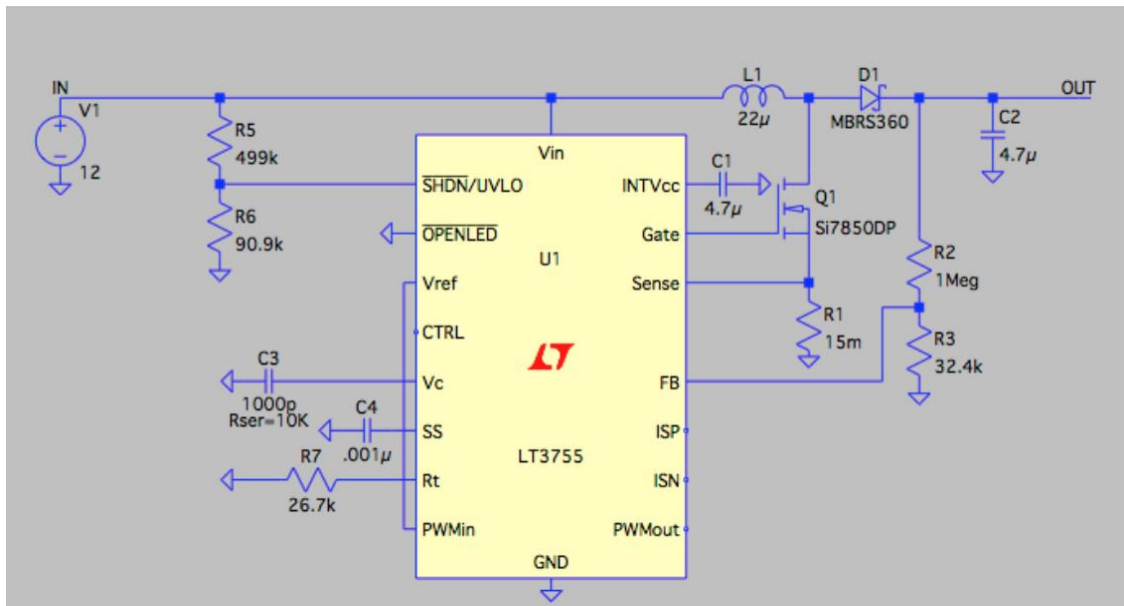


Рисунок 2.13 – Схема контура підсилення для варіанту 2

На рис. 2.14 показано вихідну напругу для підсилювального перетворювача при бажаних 43 В.



Рисунок 2.14 – вихідна напруга підсилювача для варіанту 2

Вихідний конденсатор буде диктувати швидкість, з якою схема реагує на зміни на виході понижувача. Важливо, щоб як підняття, так і підсилення були оптимізовані для швидкості. Однак схема підвищувального рівня зазвичай має

набагато більшу пропускну здатність, ніж підсилювальна. Підвищення буде обмежуючим фактором загальної швидкості схеми, тому важливо підібрати відповідну величину вихідного конденсатора.

2-й етап: понижувальна схема

Вхідна напруга для цієї схеми тепер буде вихідною напругою підсилення, або 40 В. Розмір основних компонентів (головний комутатор, ШІМ-комутатор, індуктивність і діод) можна побачити в рівняннях з 2.19 по 2.23.

$$\frac{U_L}{L} = \frac{dI_L}{dt} \Rightarrow L = (U_{вх} - U_{вих}) \cdot \frac{\Delta t_{вк}}{\Delta I_L} = \frac{(40В - 24В) \cdot 1,75 мкс}{700 мА} \quad (2.19)$$

$$L = 48 \text{ мкГн}$$

$$I_{вх} = \frac{100 мВ}{R_{СД}} = 500 мА \Rightarrow R_{СД} = 200 мОм \quad (2.20)$$

$$U_{\text{голов.комут.мак}} = U_{\text{вих.мак}} = U_{\text{СД.мак}} = 30В \quad (2.21)$$

$$U_{\text{ШІМ.комут.мак}} = U_{\text{вих.мак}} = U_{\text{СД.мак}} = 30В \quad (2.22)$$

$$U_{\text{діода мак.}} = U_{\text{вх.мак}} = U_{\text{вих}} = 40В \quad (2.23)$$

Робочий цикл понижувального перетворювача показано в рівнянні 2.24.

$$D = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{24}{40} = 0,6 \quad (2.24)$$

Як згадувалося раніше, ця конструкція використовує один сигнал затвора як для підсилення, так і для понижувальної схеми. Хоча вихідна напруга підсилювача постійно змінюється, робочий цикл також буде змінюватися. Буває так, що коли схема підсилення і понижувача працюють від одного і того ж сигналу перемикачання, вихідна напруга підсилення і вихідний струм

понижувача знайдуть деяку рівноважну частоту, яка дозволить схемі функціонувати за планом.

Щоб підвищити швидкість понижувального перетворювача, вихідний конденсатор C5 забирають з навантаження і розміщують паралельно сенсорному резистору.

Моделювання на рис. 2.15 і 2.16 доводять, що налаштування для понижувальної схеми забезпечує належний вихідний струм 500 мА.

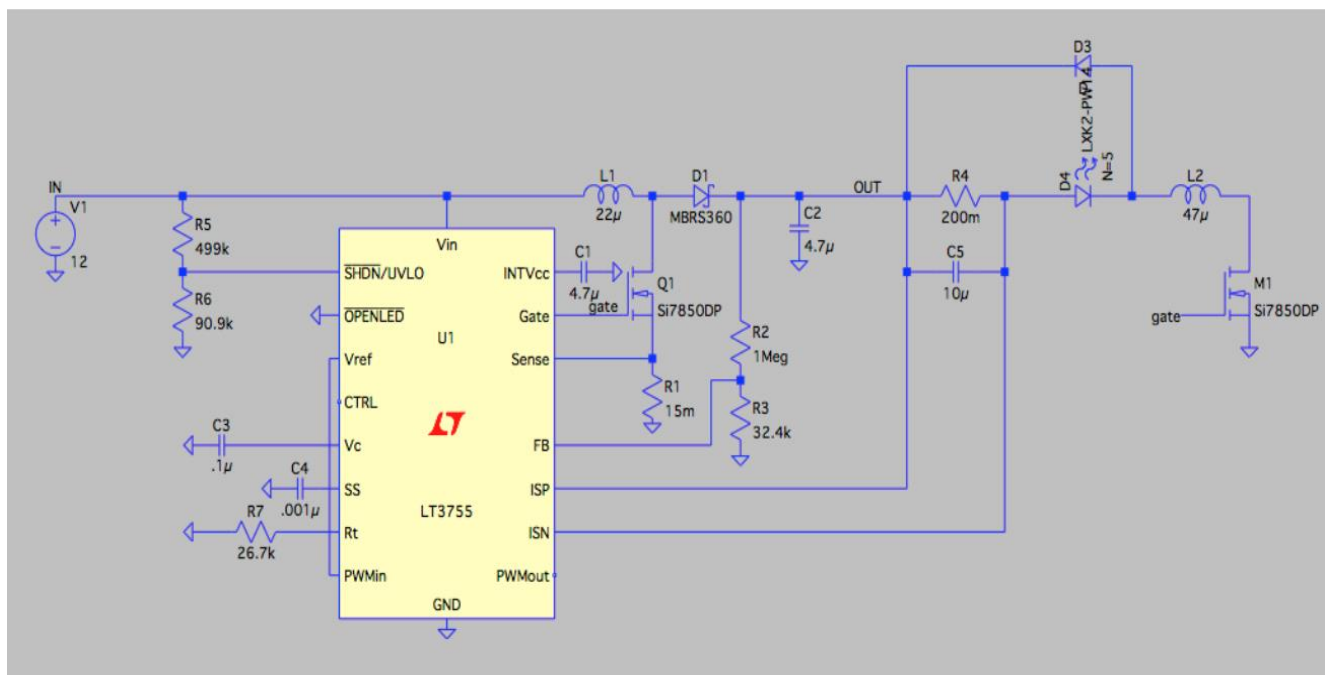


Рисунок 2.15 – Схема підсилювального та понижаючого контура з використанням мікросхеми LT3755 для варіанту 2

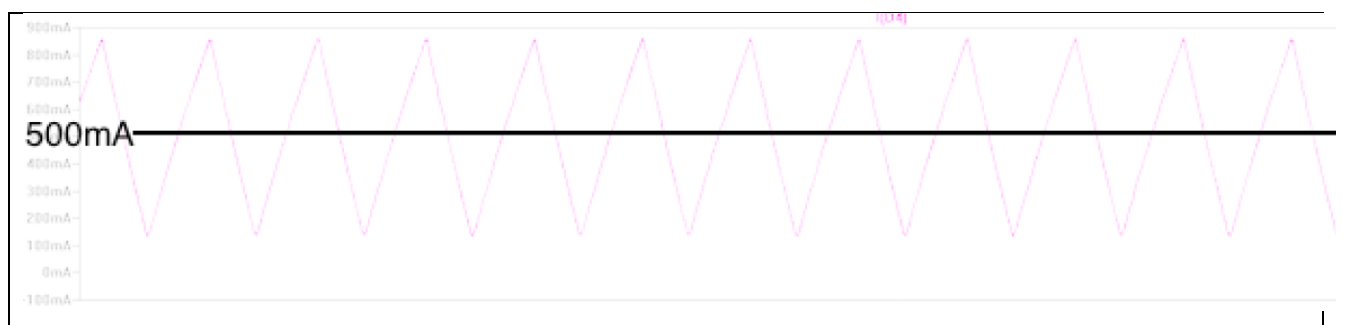


Рисунок 2.16 – Вихідний струм схеми для варіанту 2

Для визначення розміру фільтруючого конденсатора або конденсатора, розміщеного паралельно сенсорному резистору, я буду використовувати ті ж

тести, що й у першому варіанті. Змінюючи напругу на виводі V_c , я можу імітувати затемнення. Аналізуючи перехідну характеристику, я можу налаштувати значення схеми компенсації RC, а також вихідний конденсатор, щоб отримати значення, які оптимізують швидкість схеми.

RC ланка і вихідні конденсатори, які дали найшвидшу перехідну характеристику, наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Значення елементів для схеми варіант 2

Елемент	Величина
R	5 кОм
C	3 нФ
$C_{\text{вих.Підсил.}}$	4,7 мкФ
$C_{\text{Фільтр.}}$	10 нФ

Зауважте, що під час фази проектування та моделювання проектування та впровадження мікроконтролера були опущені. Це буде розглянуто в розділі 3, коли тести апаратного забезпечення можна запускати одночасно, щоб перевірити правильність роботи.

2.3. Висновки до розділу

У даному розділі представлено загальні умови до проектування системи адаптивного освітлення і розглянуто 2 варіанти схем, а саме

- Варіант 1: висока ціна і висока продуктивність. Даний драйвер забезпечить високі коефіцієнти ШІМ затемнення та індивідуальний контроль над кожним світлодіодом.
- Варіант 2: низька ціна та середня продуктивність. У даному варіанті використовуватиметься лише 1 драйвер світлодіодів для керування рядом світлодіодів. Це зведе до мінімуму кількість необхідних деталей, але зменшить швидкість і продуктивність драйвера.

3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Вибір компонентів для драйвера системи адаптивного освітлення

Варіант 1: LT3797 понижаючий драйвер

Демонстраційна плата DC1784A буде використовуватися для реалізації понижувального перетворювача за допомогою LT3797. DC1784A спочатку був розроблений для роботи з LT3797 з 3 незалежними каналами підсилення. Однак під час розробки цієї демонстраційної плати було враховано можливість внесення незначних змін до плати, щоб її можна було налаштувати на запуск 3 незалежних понижувальних каналів. Зробивши кілька маніпуляцій на платі, а також додавши певні компоненти, було створено схему, показану на рис. 3.1. На рис. 3.1 для простоти показаний один понижувальний канал LT3797. Всі три канали були налаштовані однаково.

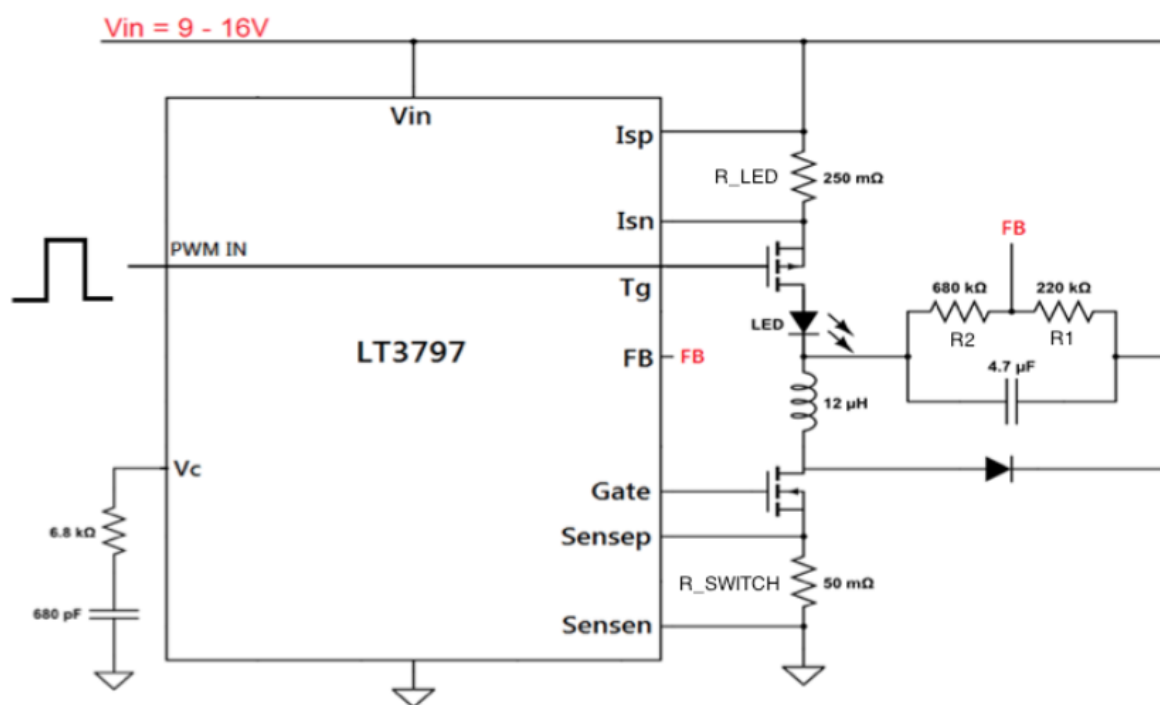


Рисунок 3.1 – Схема понижувального перетворювача на мікросхемі LT3797 (один понижувальний канал)

Вибір компонентів здійснюється за процедурами, описаними в розділі 2. У табл. 3.1 наведено перелік основних компонентів, вибраних для конструкції DC1784A. Усі використані резистори та конденсатори були стандартного

значення для поверхневого монтажу.

Таблиця 3.1 – Перелік основних компонентів для схеми варіанту 1

Ім'я	Величина
Головний комутатор	60 В, 19 А
ШИМ комутатор	100В, 3А
Індуктор	12 мкН
діод	60 В 3 А
R_{CD}	250 мОм 1%
$R_{КОМУТ.}$	50 мОм 1%

Варіант 2: LT3755 схема підсилення, а потім пониження вихідної напруги

Варіант 2 буде реалізований на демонстраційній платі, розробленій для LT3755, DC1268В-В. Подібно до першої варіанту, щоб реалізувати підвищення, а потім пониження, були зроблені зміни в платі DC1268В-В. Схема на рис. 3.2 показує побудовану схему.

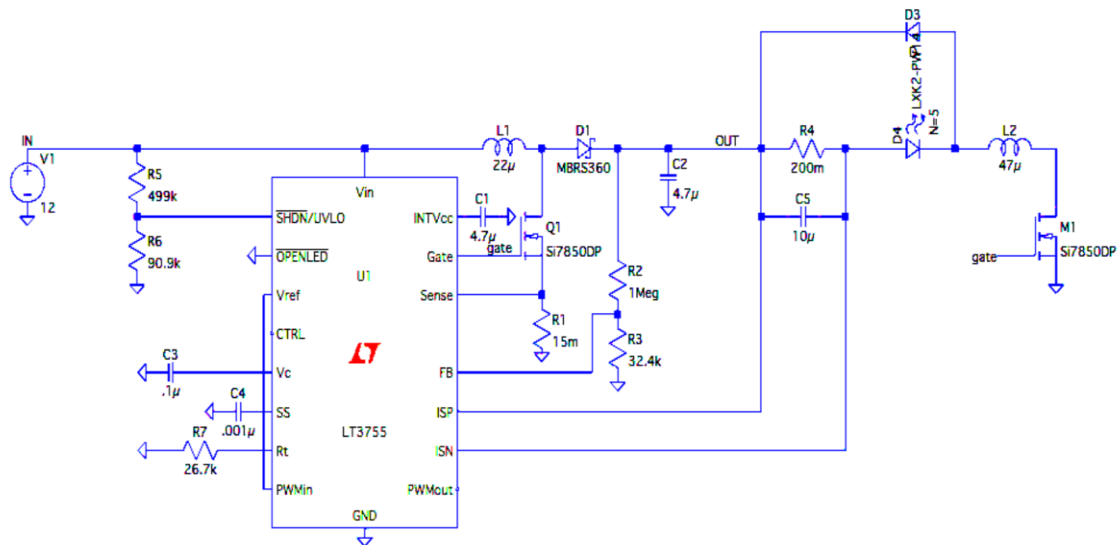


Рисунок 3.2 – Схема демонстративної плати на мікросхемі LT3755

Вибір компонентів виконується за процедурами, описаними в Розділі 3. У табл. 3.2 наведено перелік основних компонентів, вибраних для варіанту 2. Усі використані резистори та конденсатори були стандартного значення для поверхневого монтажу.

Таблиця 3.2 – Перелік основних компонентів для схеми варіанту 2

Ім'я	Величина
Підвищуючий комутатор	60 В, 3 А
Понижаючий комутатор	60 В, 3 А
L1	22 мкГн
L2	47 мкГн
D1	60 В, 5 А
D3	60 В, 5 А
R1	15 мОм 1%
R4	200 мОм 1%

Схема, що використовується для комутації, показана на рис. 3.3.

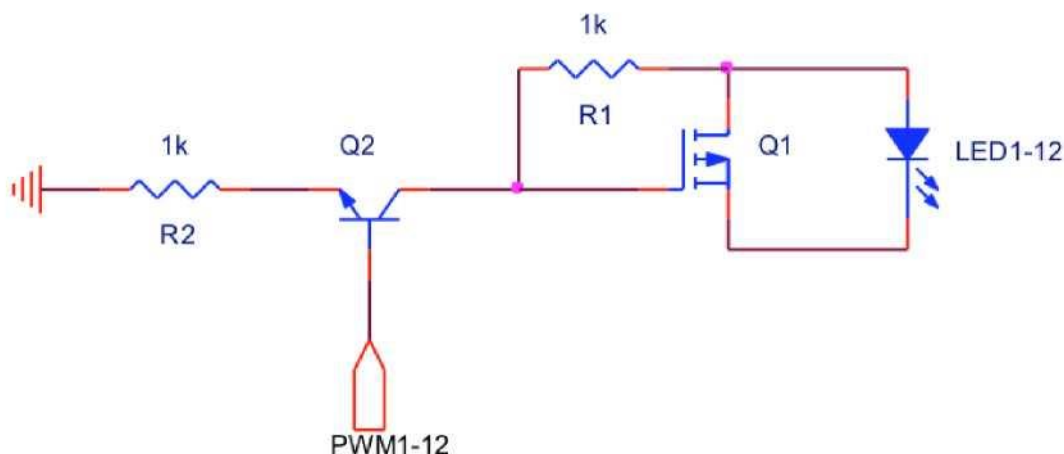


Рисунок 3.3 – Схема індивідуального ШІМ дімування світлодіода

Ця схема необхідна для індивідуального ШІМ дімування світлодіодів. Підтягуючи базу Q1 високого рівня, Q1 включається, і струм проходить через резистори, створюючи напругу на Q2. У табл. 3.3 показані компоненти, які використовуються для цієї конструкції.

Таблиця 3.3 – Перелік основних компонентів для схеми індивідуального ШІМ дімування світлодіода

Назва	Величина
Q1 2N3904	60 В, 200 мА
Q2 Si2309	60 В, 1 А

3.2. Дослідження вихідного струму драйвера системи адаптивного освітлення

Перший тест перевіряє регулювання вихідного струму та перевіряє його відповідність. На рис. 3.4 показано вихідний струм для варіанту 1.

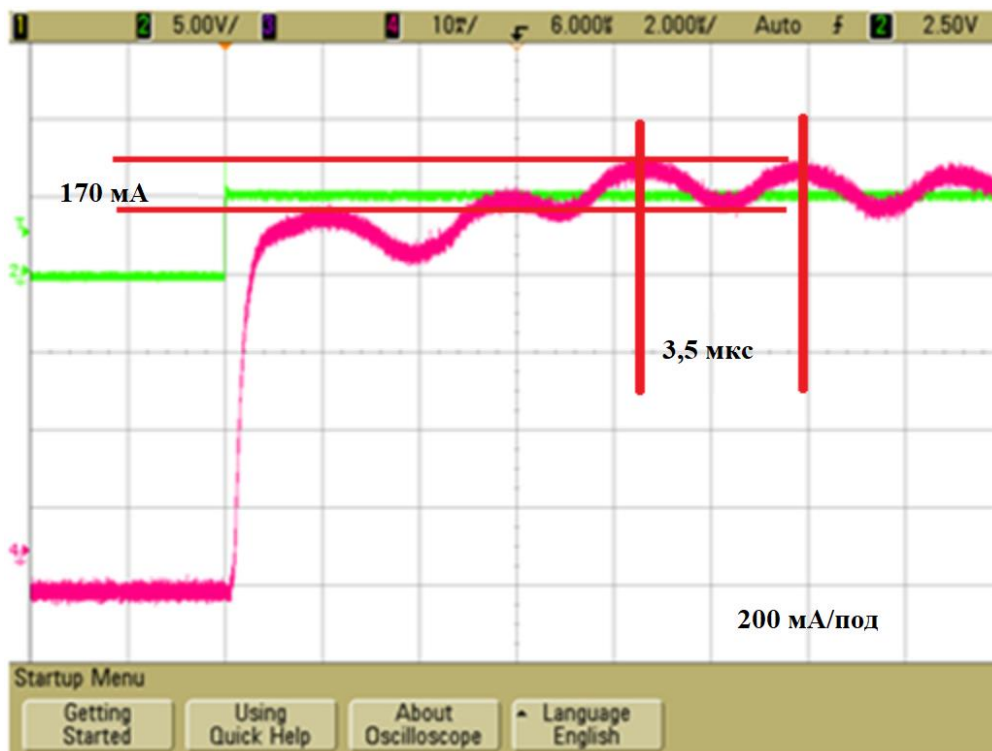


Рисунок 3.4 – Вихідний струм понижаючого драйвера для варіанту 1

Як і очікувалося, варіант 1 видає струм 1 А. Форма сигналу вихідного струму є відносно плоскою, з пульсацією від піку до піку 170 мА. Струм індуктивності має від піку до піку пульсації 700 мА. Завдяки вихідному конденсатору, більша частина пульсацій змінного струму, присутніх в індуктивності, поглинається і не присутня в струмі навантаження. Пульсація струму навантаження має період 3,5 мкс і частоту 300 кГц, що приблизно дорівнює частоті комутації перетворювача. Вихідні струми в каналах 1, 2 і 3 були перевірені на 1 А. Зведення вихідного струму можна побачити в табл. 3.4.

Подібні тести були проведені для варіанту 2, щоб переконатися, що вихідний струм регулюється на задану величину. Однак важливо зазначити, що

форми струму виглядають інакше, ніж варіант 1. Це пов'язано з відсутністю вихідного конденсатора через навантаження. Оскільки вихідного конденсатора немає, немає нічого, щоб поглинати пульсації змінного струму, присутні в індуктивності. Тепер струм індуктивності дорівнює струму навантаження і має ту саму пульсацію. Може здатися незвичайним, що пульсація на вихідному струмі настільки висока. Можна припустити, що великий пульсаційний струм через світлодіоди спотворить яскравість, можливо, призведе до мерехтіння. Частота комутації перетворювача набагато вище порогу, за яким людське око може розрізнити перемикання струму через світлодіоди. Іншим ключовим аспектом варіанту 2 є конфігурація навантаження. Вихідна напруга буде постійно змінюватися, коли ШІМ зменшує яскравість світлодіодів. Це змінить величину пульсації через індуктивність і навантаження. Для варіанту 2, коли всі світлодіоди є включені, вихідна напруга максимальна. Це означає, що пульсація буде найбільшою. При відсутності навантаження або при відсутності включених світлодіодів вихідна напруга невелика і визначається опором увімкненого транзистора. Пульсація не така важлива без навантаження. Важливо те, що перетворювач все ще видає свій регульований струм, але це буде обговорено пізніше. У табл. 3.4 підсумовуються вихідні струми для варіанту 1 і 2.

Таблиця 3.4 – Вихідні струми для варіанту 1 і 2

Номер варіанту	Вихідний струм при повному навантаженні	Пульсація вихідного струму (від піку до піку)	Вихідна напруга при повному навантаженні
1	1А	170 мА	2,7 В
2	500 мА	70 мА	24В

Після того, як вихідні струми були відрегульовані до потрібної величини, були проведені наступні випробування.

3.3. Дослідження ШІМ драйвера системи адаптивного освітлення

Тепер, коли схеми оптимізовані для швидкості та стабільності, можна розпочати застосування ШІМ. Ось тут і починається найцікавіше, оскільки світло можна запрограмувати для різних моделей, щоб імітувати адаптивні гальмівні системи або системи головного освітлення. По-перше, для порівняння швидкості для кожної варіанту необхідно провести якісні вимірювання. Це означає отримання найвищого коефіцієнта затемнення ШІМ для кожної варіанту. Пам'ятайте, що коефіцієнт затемнення ШІМ – це період імпульсів ШІМ, поділений на час увімкнення імпульсу.

Відповідно до вимог проектування, зазначених у розділі 2, мікроконтролер PIC16F877A буде інтегрований з перетворювачами. Цей мікроконтролер має 16 контактів GPIO і 10-розрядний АЦП. Команди, написані на C, генерують квадратні форми сигналу, які змінюються послідовно на основі аналогового входу, зчитованого з АЦП. 12 виходів мікроконтролера PIC були спрямовані на відповідні ШІМ контакти мікросхеми або на індивідуальний ШІМ диммер. Варіант 1 направляє ШІМ-сигнали прямо на ШІМ-контакти мікросхеми LT3797.

Варіант 2 направляють ШІМ-сигнали на індивідуальний ШІМ диммер, який керує паралельними комутаторами на кожному світлодіоді.

Варіант 1: Щоб отримати коефіцієнт затемнення ШІМ для варіанту 1, вхідна напруга була встановлена на середнє значення між 9 і 16 В, або 12 В. Вихідний струм був на максимальному значенні 1А. Частота ШІМ була встановлена на 100 Гц ($T = 10$ мс). Час увімкнення окремого світлодіода було змінено з 1 мс на 1 мкс, і спостерігалася перехідна форма сигналу. Щоб певний коефіцієнт затемнення ШІМ був «встановлений», форма сигналу повинна була досягти свого остаточного значення протягом часу включення імпульсу. Вибір найнижчого значення майже суб'єктивний для інженерів, які спостерігають за осцилограмами, оскільки досягнення кінцевого значення може мати кілька різних значень. Деякі можуть стверджувати, що досягнення кінцевого значення всього за 0,5 мкс буде вважатися достатнім, але деякі можуть стверджувати, що

має відбутися більш тривале остаточне значення в стабільному стані.

На рис. 3.5 показана форма сигналу ШІМ і перехідна характеристика на імпульс тривалістю 2 мкс. Це призводить до коефіцієнта затемнення ШІМ 5000:1. Як показано на рис. 3.5, струм (рожевий) досягає кінцевого значення 1А за 1мкс і залишається на кінцевому значенні протягом 1мкс. Це свідчить про хорошу форму перехідного сигналу. Коефіцієнт затемнення 5000:1 – це дуже високий коефіцієнт, що вказує на швидкість реакції контурів керування на зміну на виході. Це зайве для системи, яка включає адаптивне гальмо та фари, оскільки для цих систем потрібно лише щось у межах 100:1. Ця високопродуктивна схема може бути використана для адаптивного освітлення в літаку, де навколишнє освітлення настільки низьке, що дуже слабкого світла достатньо, щоб пілот міг бачити свої прилади.

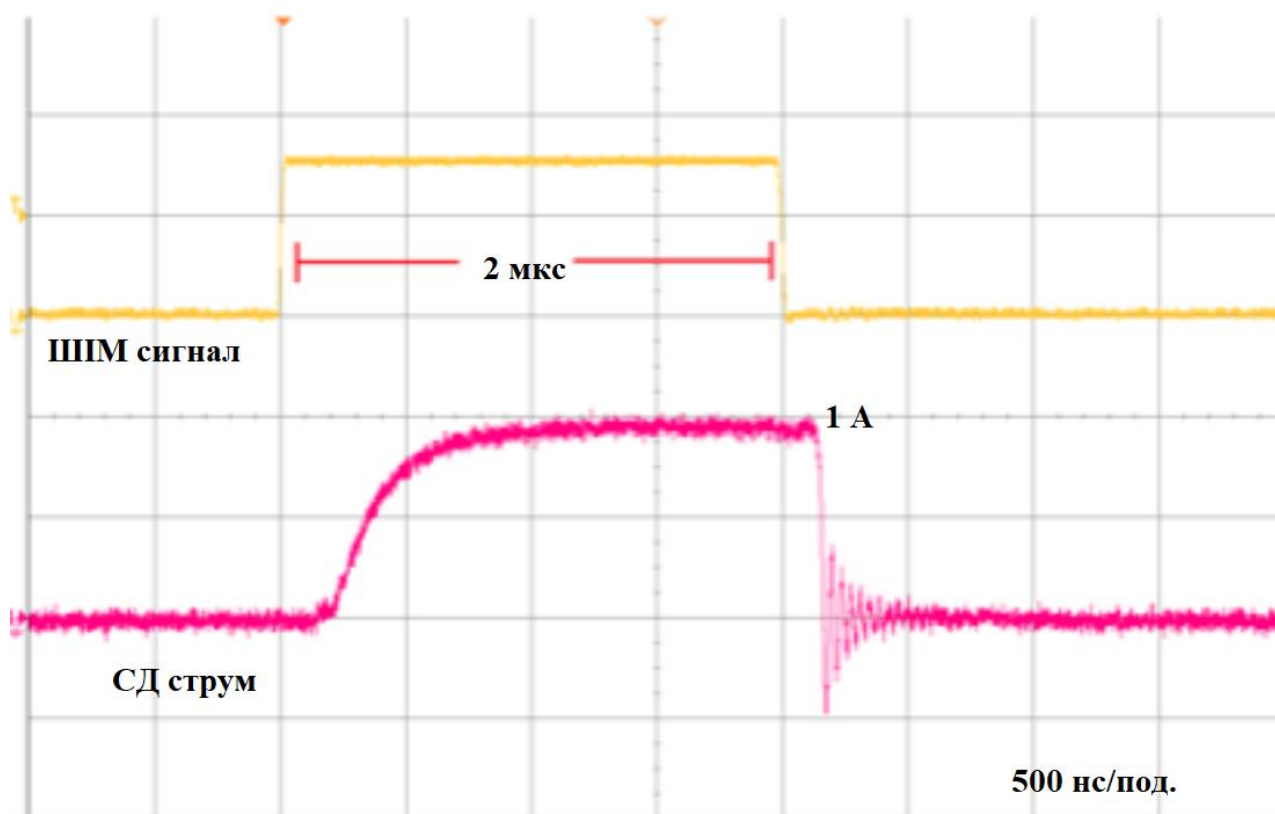


Рисунок 3.5 – Осцилограма форми сигналу ШІМ і перехідна характеристика імпульса тривалістю 2 мкс.

Варіант 2:

Отримання коефіцієнтів затемнення ШІМ для варіанту 2 дещо

відрізняється від попереднього. Оскільки навантаження налаштовано як рядок, а не як один світлодіод, очікується, що буде отримано нижчий коефіцієнт затемнення. Замість ШІМ затемнення одного світлодіода, один паралельний комутатор буде використовуватися для вмикання та вимкнення всіх світлодіодів у рядку одночасно. При вхідній напрузі 12 В, вихідному струмі 500 мА та частоті перемикання ШІМ 100 Гц тест було проведено. При частоті перемикання ШІМ 100 Гц коефіцієнт затемнення 500:1 перетворюється на імпульс 20 мкс. Це означає, що для досягнення кінцевого значення вихідного струму потрібно в 10 разів більше часу, ніж варіант 1.

У першому варіанті кожен перетворювач управляє одним світлодіодом. Перехідна реакція обмежена двома варіантами: світлодіод вмикається або вимикається. Це простий випадок, коли перехідна характеристика впливає лише на один світлодіод. Однак це було не так для 2-го варіанту, оскільки навантаження представляє собою рядок світлодіодів. Як згадувалося в попередніх розділах, коли світлодіод вимикається або вмикається, він змінює вихідну напругу перетворювача, таким чином вводячи стрибок струму через навантаження. Якщо занадто багато світлодіодів вимкнеться або увімкнеться в певний момент, небажаний стрибок струму може пошкодити мікросхему або навантаження. Щоб уникнути цього, було увімкнено фазове зміщення затемнення ШІМ. Це означає, що всі світлодіоди будуть вимикатися послідовно, щоб уникнути високого стрибка струму. Це було зроблено за допомогою програмного забезпечення. Перехідну характеристику нульових світлодіодів на всі увімкнені світлодіоди можна побачити на рис. 3.6. Під час кожного переходу світлодіодний струм спадає і досягає свого постійного значення перед початком наступного переходу.

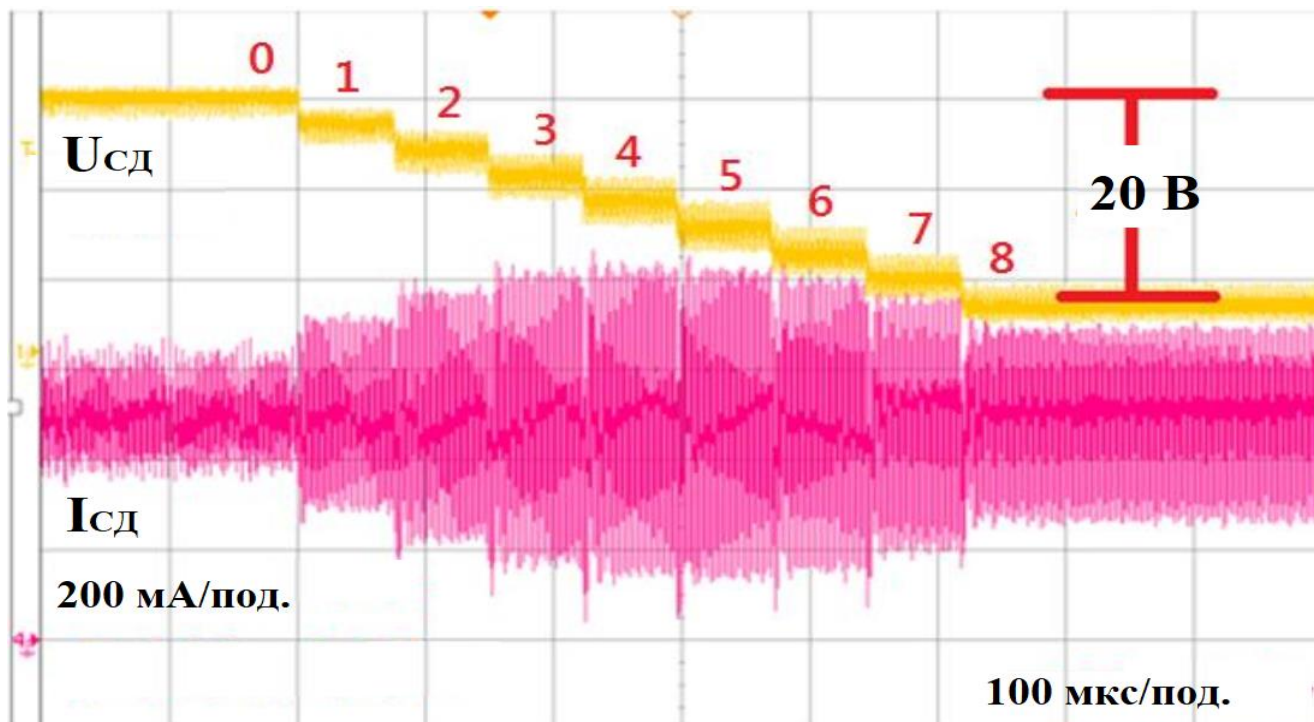


Рисунок 3.6 – Осцилограма струму і напруги послідовного включення 8 СД

Ще один ключовий перехід, на який слід звернути увагу, - це переключення деяких світлодіодів у вимкнений стан. Як згадувалося в розділі 2, коли світлодіоди виключені, вихідна напруга драйвера близька до нуля. Кожна мікросхема має мінімальний час, якому він повинен відповідати. Якщо цей мінімальний час увімкнення не буде дотримано, драйвер відключить струм на виході. Це не ідеально. Коли світлодіоди не проводять, струм повинен бути на повному значенні, тому, коли світлодіод знову вмикається, йому не потрібно чекати певний час, поки індуктивність зарядиться до кінцевого значення струму. Однак опір увімкнення МОП-транзисторів створює достатню напругу, щоб мінімальний час увімкнення було досягнуто, коли всі світлодіоди були вимкнені. Це дозволяє струму індуктивності підтримувати безперервність і бути готовим до подачі струму, як тільки світлодіод знову вмикається. Перехідну характеристику від 1 світлодіода увімкненого до всіх вимкнених можна побачити на рис. 3.7. Стрілка позначає перехід від 1 увімкненого

світлодіода до вимкнення всіх світлодіодів.

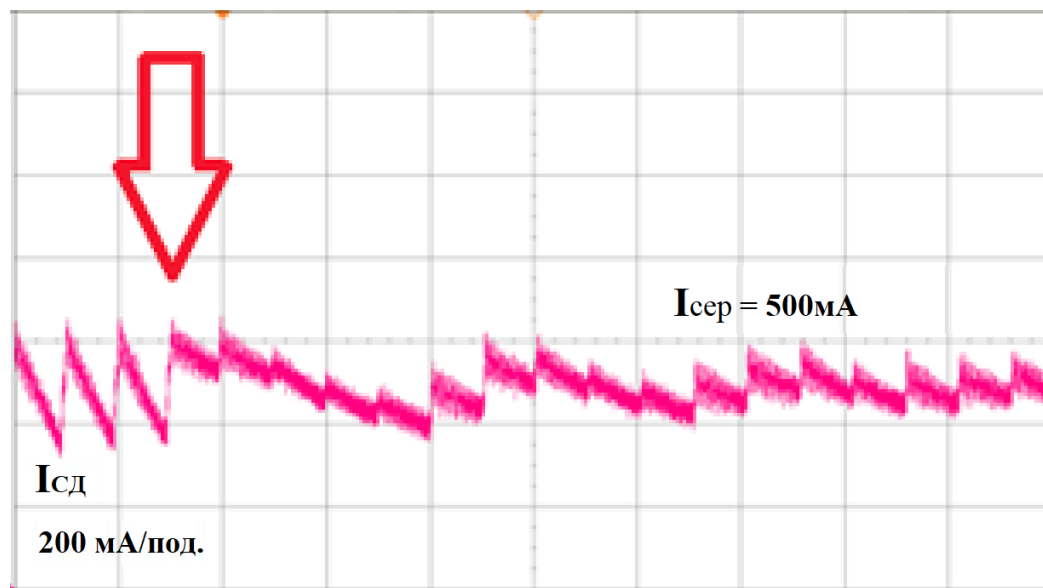


Рисунок 3.7 – Осцилограма струму послідовного виключення 8 СД

Усі різні зміни навантаження були проаналізовані та визнані безпечними для експлуатації. На цьому перевірка ШІМ для варіанту 1, 2 завершена.

3.4 Експериментальна установка системи адаптивного освітлення

Тепер аналогові перетворювачі інтегровані з цифровими сигналами ШІМ, завершуючи апаратну перевірку систем адаптивних стоп-сигналів. Остаточну схему дизайну для варіанту 1 можна побачити на рис. 3.8. Це включає всі кінцеві значення компонентів, а також компоненти, перелічені в розділі 3. На рис. 3.9 показано зовнішній вигляд остаточної компоновки обладнання.

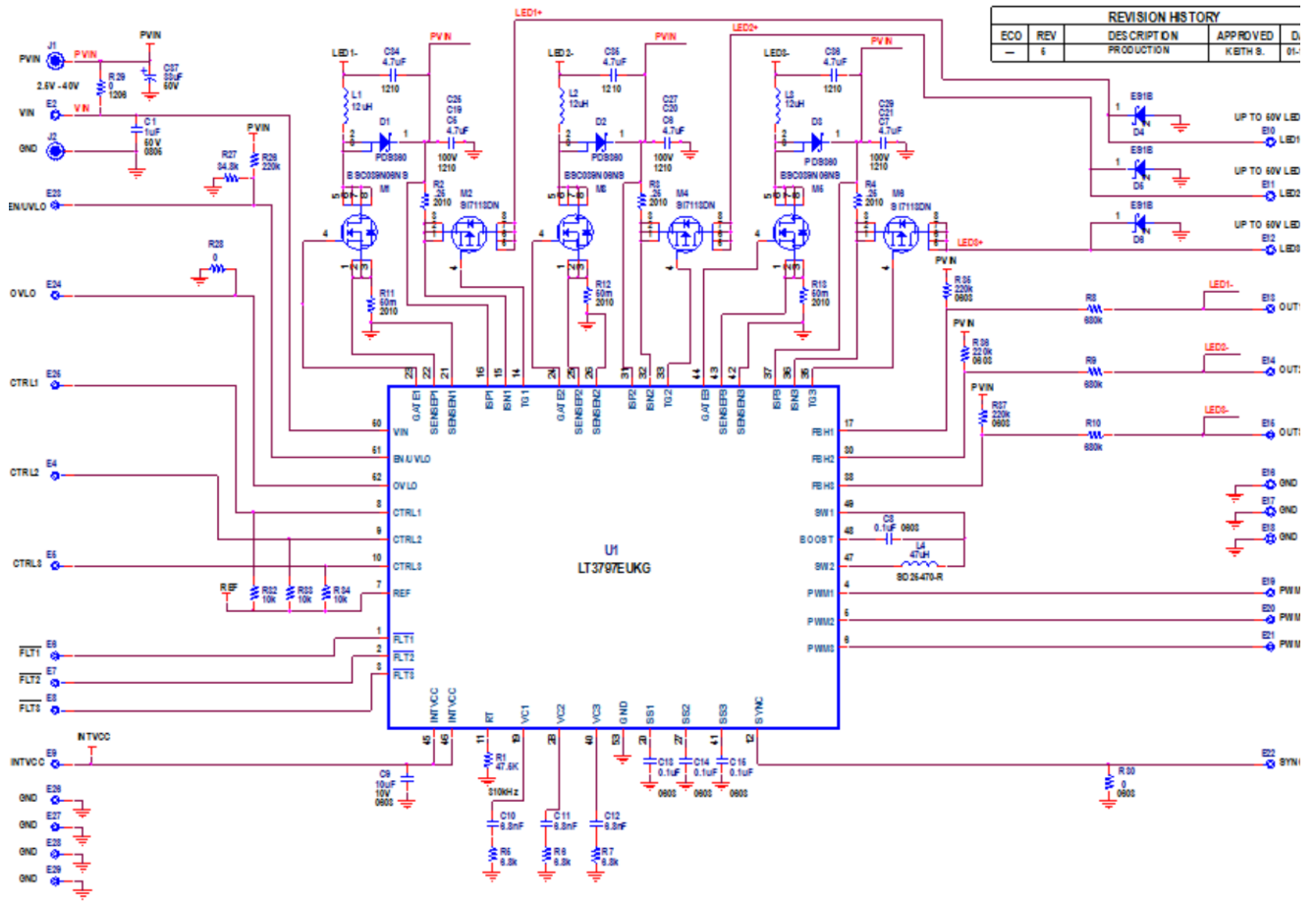


Рисунок 3.8 – Кінцевий варіант схеми драйвера для варіанту 1

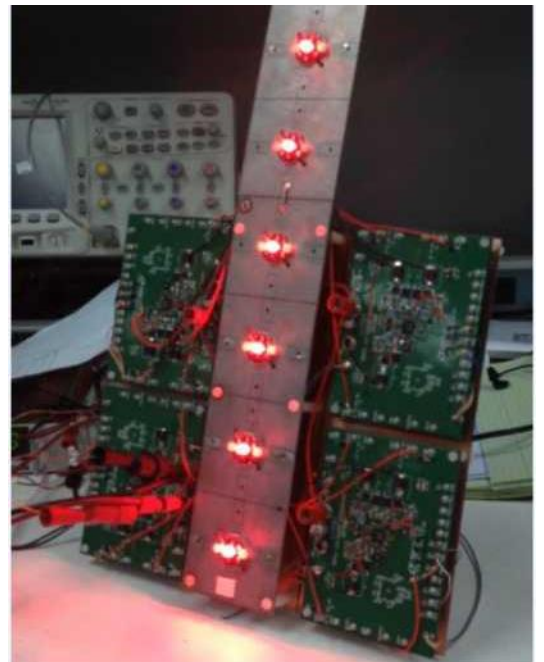
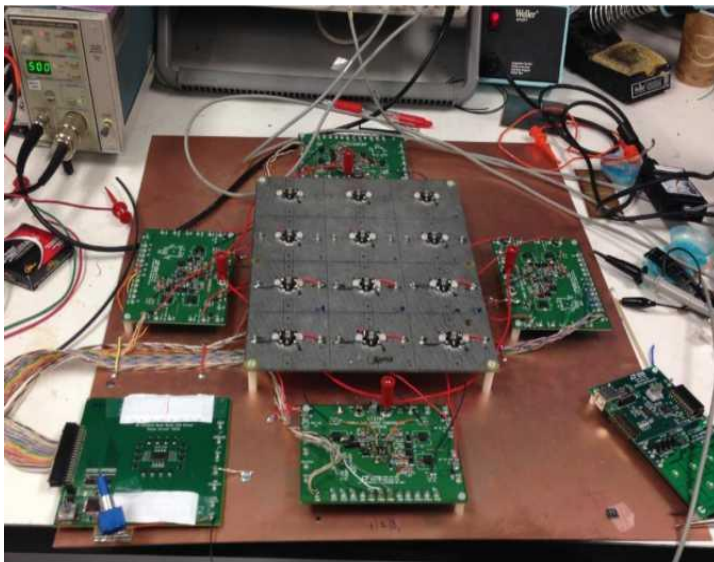


Рисунок 3.9 – Показано зовнішній вигляд драйвера з СД для варіанту 1

Остаточну схему дизайну для варіанту 2 можна побачити на рис. 3.10. Це включає всі кінцеві значення компонентів, а також компоненти, перелічені в

розділі 3.

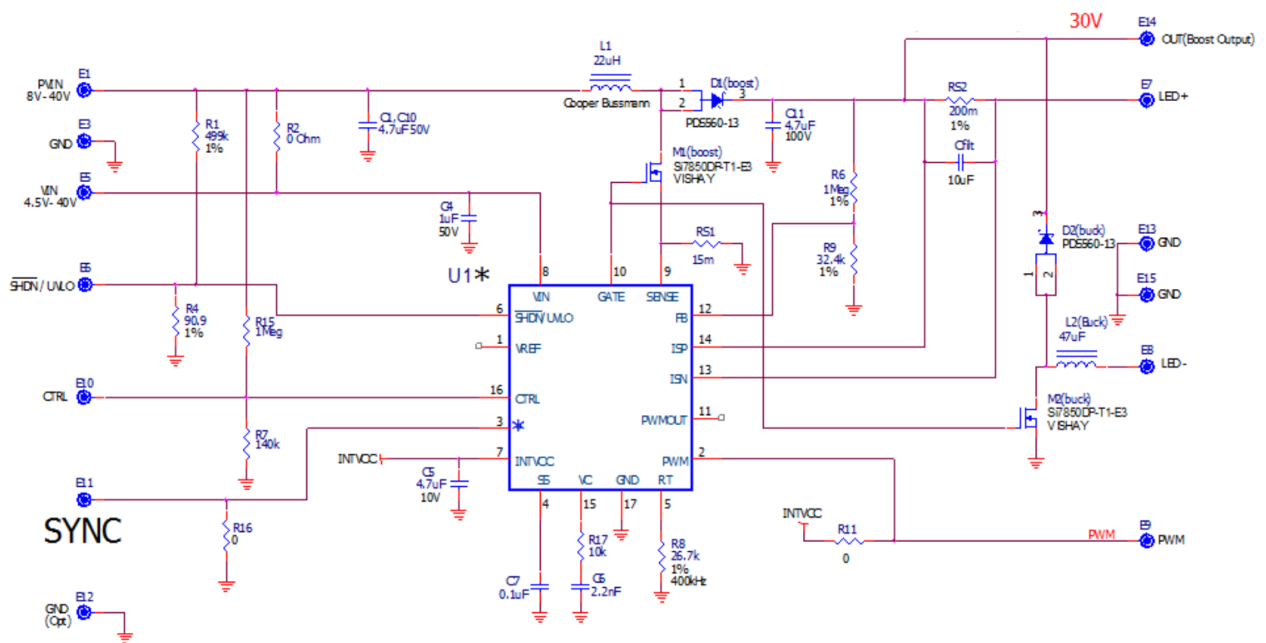


Рисунок 3.10 – Кінцевий варіант схеми драйвера для варіанту 2

На рис. 3.11 показано зовнішній вигляд остаточної компоновки обладнання для варіанту 2.

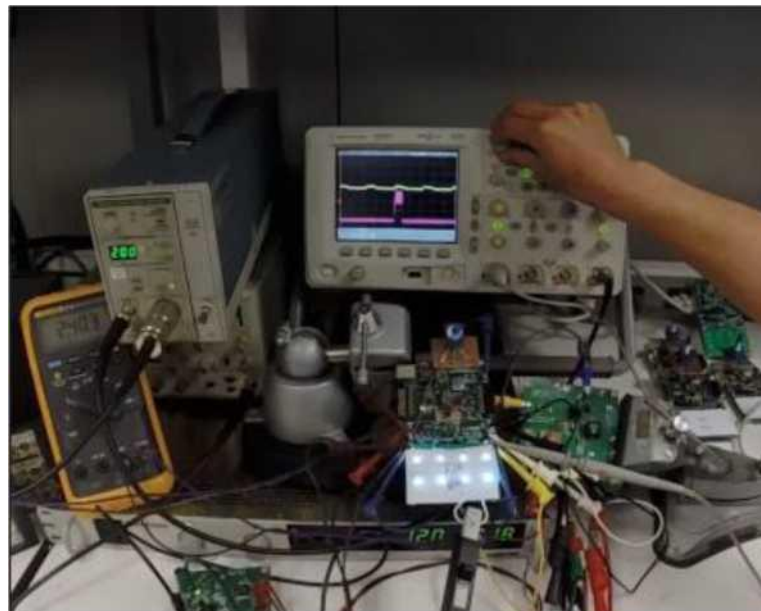


Рисунок 3.11 – Показано зовнішній вигляд драйвера з СД для варіанту 1

Нарешті, конструкцію мікроконтролера PIC представлена на рис. 3.12. Демонстраційна плата DC1199A була використана для інтеграції PIC з двома

варіанти. Ця плата була використана, оскільки PIC вже був налаштований з належними компонентами живлення та USB-інтерфейсом, необхідним для програмування мікроконтролера. Єдине, що було необхідно для взаємодії DC1199A з іншими платами, це створити шлейфовий кабель, який направляє сигнали з виходу PIC на входи ШІМ.

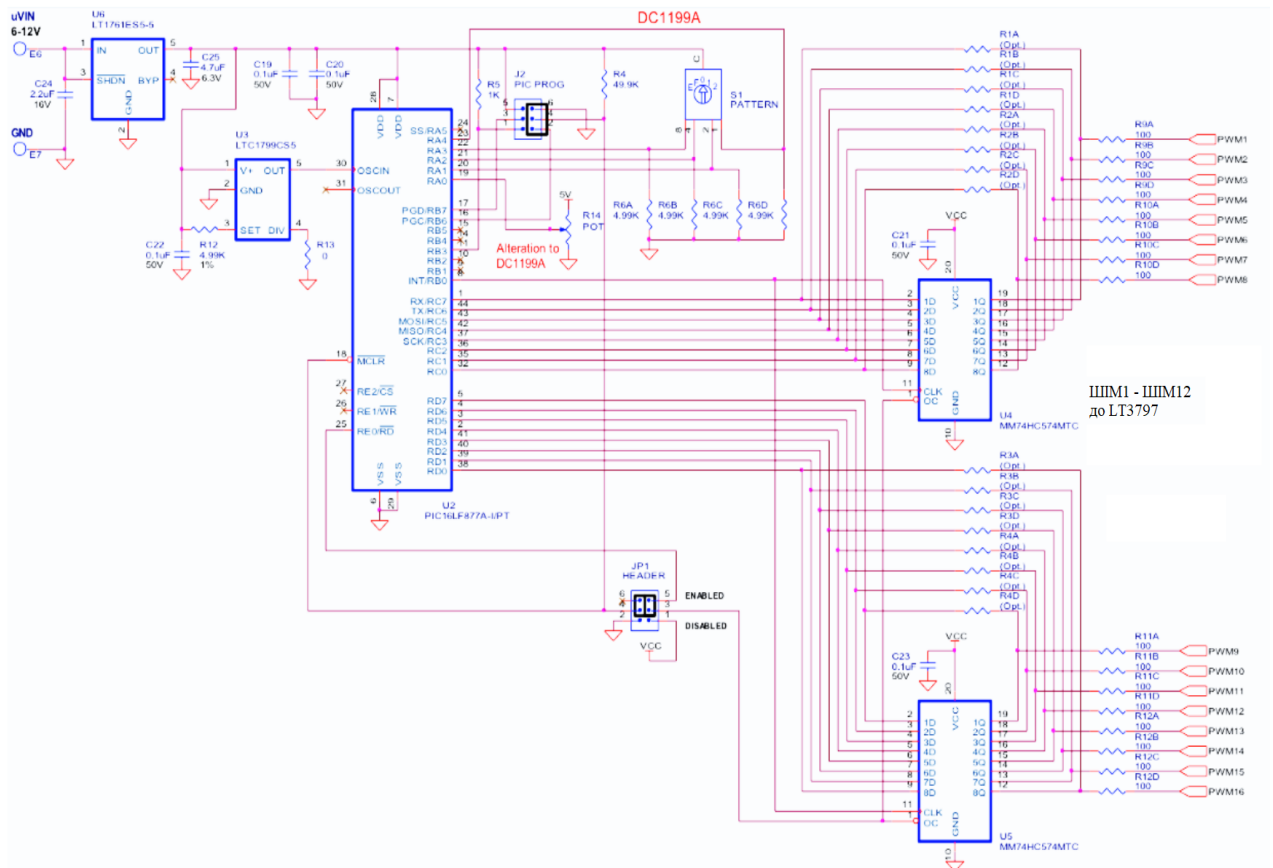


Рисунок 3.12 – Схема мікроконтролера PIC16F877A

Після завершення схем і написання коду для різних шаблонів на цьому перевірці обладнання для систем адаптивного освітлення завершена

3.5. Висновки до розділу

1. Проведено вибір компонентів і плати для драйверів світлодіодів. Було представлено апаратну перевірку, а також аналіз перехідних характеристик струму для двох варіантів. Після того, як апаратне забезпечення було завершено, сигнали ШІМ, згенеровані мікроконтролером, були інтегровані з драйверами, що дало змогу отримати повністю функціональну інтегровану систему, яка забезпечує адаптивне освітлення.

2. Проведено дослідження вихідного струму драйвера системи адаптивного освітлення, яке показало, що форма сигналу вихідного струму є П-подібною, з пульсацією від піку до піку 170 мА для варіанту 1, а для варіанту 2 пульсація становить 70 мА.

3. Проведено дослідження ШІМ драйвера системи адаптивного освітлення, який показав, що струм досягає кінцевого значення 1А за 1мкс і залишається на кінцевому значенні протягом 1мкс. Це свідчить про хорошу форму перехідного сигналу і коефіцієнт затемнення 5000:1 для варіанту 1. Для варіанту 2 коефіцієнт затемнення становить 500:1. Це означає, що для досягнення кінцевого значення вихідного струму потрібно в 10 разів більше часу, ніж варіант 1

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Безпека при виготовленні друкованих плат

При розробці системи автоматичного повороту фотоелектричних модулів першим етапом виготовлення пристрою є витравлювання друкованих плат.

Сучасна технологія виготовлення друкованих плат складається з великої кількості різних механічних, фотохімічних і хімічних операцій.

При виконанні технологічних процесів виготовлення друкованих плат можуть виникнути наступні небезпеки і шкідливості: ураження електричним струмом, вибухо- і пожежонебезпека, термічний опіки, хімічний опік, небезпека травмування механічними пристроями, ураження шкірних покривів і отруєння, шум, вібрація, світловий вплив газорозрядних ламп.

Більшість матеріалів і речовин, що застосовуються при виготовленні друкованих плат, є небезпечними для здоров'я і життя людини. Шкідливі речовини та їх пари можуть проникати в організм людини через органи дихання, шкіру і травний тракт.

Вдихання хімічних речовин у будь-якому агрегатному стані (газ, пари, пил) призводить до ураження верхніх дихальних шляхів і до загальнотоксичного ефекту при всмоктуванні речовин в кров. У травний тракт шкідливі речовини потрапляють при вживанні води, їжі та курінні на ділянках виготовлення друкованих плат.

Нагрівання розчинів веде до інтенсивного паротворення і виділенню газів, що несуть з собою частинки розчину, а це призводить до збільшення забруднення атмосфери виробничих приміщень. Так, хлоровані вуглеводні (трихлоретилен, тетрахлоретан) при дії на них сонячного світла або відкритих джерел полум'я утворюють нову речовину – газ фосген (надзвичайно небезпечний), а при реагентному методі очищення відпрацьованих вод від сполук ціану може утворитися хлорціан. Попадання кислоти в лужний ціаністий електроліт, змішування кислих і ціаністих стоків або вентиляційних

викидів може призвести до утворення ціаністого водню. Процеси знежирення, травлення, електрохімічної обробки і хімічного фрезерування супроводжуються виділенням парів кислот і лугів і надходженням їх в зону дихання [5, с. 128].

Багато шкідливих речовини потрапляють в організм через шкіру, особливо небезпечні хромові композиції, концентровані кислоти, луги та розчинники.

У відділеннях приготування електролітів завжди має місце висока концентрація пилу і парів токсичних речовин, особливо під час розтарування матеріалів, дозування, приготування розчинів, змішування сипучих компонентів і транспортних операцій.

При ціаністому мідненні і срібленні утворюється ціанистий водень, який надходить в атмосферу, в цих випадках відчувається запах мигдалю. Поява ціанідів у повітрі над ваннами – результат виносу дрібних крапельок електроліту бульбашками газів (водню і кисню), що виділяються на електродах при електролітичній дисоціації, а також випаровування розчинів. Ціанистий водень утворюється в результаті контакту ціаністого розчину з вуглекислою. У ванн оксидування виявляються пари лугу, у ванн декапірування – пари соляної кислоти, у ванн освітлення алюмінію азотною кислотою – оксиди азоту, у ванн кадміювання – оксиди кадмію; при нікелювання – ціанистий водень, при хромуванні – хромовий ангідрид, при очищенні свинцевих анодів – пил свинцю.

Однією з умов забезпечення безпеки праці є потоковість виробництва у відповідності з технологічною послідовністю окремих операцій, передбачаючи автоматизацію і механізацію процесів, а також централізація приготування електроліту. Пульти оператора автоматичних ліній з програмним керуванням повинні бути віддалені від ванн на певну відстань, що виключає вплив на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів [5, с. 131].

При неможливості автоматизації процесів повинна бути забезпечена комплексна механізація окремих операцій – підготовчих, транспортних, фінішних, зокрема, завантаження плат у ванни та їх вивантаження.

Особлива увага приділяється заміні токсичних речовин менш токсичними або нетоксичними, заміні шкідливих операцій менш шкідливими. Всі робочі

місця обладнуються витяжною вентиляцією, а працюючі застосовувати засоби індивідуального захисту органів дихання, очей і шкірних покривів.

4.1.2. Техніка безпеки при експлуатації електрообладнання та електромереж

До обслуговування електрообладнання допускаються особи не молодше 18 років, які не мають медичних протипоказань, що заважають виконанню робіт, що отримали вступний і первинний інструктажі на робочому місці, виробниче навчання, перевірку знань.

Електромонтер повинен знати схему електропостачання об'єктів виробництва, повинен мати навички прийомів технічних методів обслуговування електроустановок. Він забезпечується усіма засобами індивідуального захисту та спецодягом. Інструменти і засоби захисту повинні бути випробувані, справні та використовуються за призначенням [13, с. 76].

При експлуатації діючих електроустановок застосовують електрозахисті засоби та запобіжні пристосування. Ручне включення і відключення устаткування напругою понад 1000 В необхідно виконувати в діелектричних рукавичках, колошах або на килимку. Відключення виконують таким чином: відключають роз'єднувачі, знімають плавкі вставки запобіжників, від'єднують привод мережі. Після вивішування плаката перевіряють відсутність напруги на відключеній ділянці мережі. В оперативному журналі роблять запис про відключення. Включення проводять тільки після відмітки в журналі про закінчення робіт із зазначенням відповідальної особи.

Безпека виконання забезпечується також організаційними заходами. До них відноситься оформлення роботи нарядів, оформлення допуску до роботи, нагляд під час виконання роботи [13, с. 78].

Наряд є письмовим дозволом на роботу в електроустановках, що визначає місце, час, початок і закінчення робіт; умови безпечного його проведення, склад бригади та осіб, відповідальних за безпеку. Без наряду по усному чи письмовому розпорядженню, але з обов'язковим записом в журналі можуть виконуватися такі роботи, як прибирання приміщень до огороження електрообладнання, чистка кожухів, доливка масла в підшипники, догляд за

колекторами, контактними кільцями, щітками, заміна запобіжників. При роботі з електроустановками напругою до 1000 В без зняття напруги необхідно: захистити розташовані поблизу робочого місця інші струмовідні частини, що знаходяться під напругою, до яких можливий випадковий дотик; працювати в діелектричних калошах або стоячи на ізолюючій підставці, або на діелектричному килимі; застосовувати інструмент з ізолюючими рукоятками (у викруток, крім того, повинен бути ізольований стрижень), за відсутності такого інструменту користуватися діелектричними рукавичками.

При виконанні робіт без зняття напруги на струмовідних частинах за допомогою ізолювальних засобів захисту необхідно: тримати ізолювальні частини засобів захисту за рукоятки до обмежувального кільця; розташовувати ізолюючі частини засобів захисту так, щоб не виникла небезпека перекриття по поверхні ізоляції між струмоведучими частинами двох фаз чи замикання на землю; користуватися тільки сухими і чистими ізолювальними частинами засобів захисту з непошкодженим лаковим покриттям.

При виявленні порушення лакового покриття чи інших несправностей ізолювальних частин засобів захисту користування ними має бути негайно припинене [13, с. 81].

Щозмінні огляди електрообладнання та мереж повинен проводити черговий електрик. При огляді слід звертати увагу на наступне: відсутність змін стану електрообладнання при його функціонуванні; ступінь корозії, фарбування труб, кріпильних елементів; справність введів проводів та кабелів в електроустановку; справність заземлюючих пристроїв; наявність попереджувальних плакатів та знаків маркування на вибухонебезпечному електрообладнанні; наявність всіх передбачених конструкцією болтів, що кріплять елементи оболонки (вони повинні бути добре затягнуті); потрапляння на електрообладнання бризок, крапель і пилу.

При виявленні ненормальної роботи силового трансформатора черговий електрик повинен вивести його з роботи з обов'язковим дотриманням усіх заходів особистої безпеки, використовуючи необхідні засоби індивідуального захисту. Таке відключення проводиться при: сильному

нерівномірному шумі і потрiскування всередині трансформатора; ненормальному і постійно зростаючому нагріванні трансформатора при номінальному навантаженні і роботі пристроїв охолодження; викид масла з розширювача або розриві діафрагми вихлопної труби; течі масла з пониженням його рівня нижче мінімально допустимого.

При цьому робиться запис в оперативному журналі і повідомляється відповідальному за електрогосподарство [13, с. 83].

Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів і правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів вимагають проводити регулярні огляди та ремонт електромереж, а також вимірювання опору та ізоляції.

4.2. БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.2.1. Проведення планування заходів цивільного захисту на підприємстві у випадку надзвичайних ситуацій

Екологічна обстановка у світі останніми роками погіршилась і вважається несприятливою. Засоби масової інформації майже щодня повідомляють про надзвичайні ситуації, що відбуваються у світі: лісові пожежі, повені, цунамі, землетруси, обвали, зсуви, селеві потоки, виверження вулканів, урагани, смерчі, снігові й пилові бурі та інші стихійні лиха, аварії і катастрофи на підприємствах і транспорті, що супроводжуються загибеллю людей, руйнуванням населених пунктів і об'єктів господарювання, у тому числі й у сільському господарстві, а часто забрудненням і зараженням довкілля.

Щорічно в нашій країні виникають надзвичайні ситуації природного та техногенного характеру, що призводить до загибелі багатьох людей і значних матеріальних збитків.

Масштаби, характер руйнувань і кількість постраждалих людей залежать від типу, масштабу і місця аварії, катастрофи або стихійного лиха, від швидкості розвитку надзвичайної ситуації, особливостей регіону, об'єктів господарювання і населених пунктів, що опинилися в районі надзвичайної ситуації. Таку ситуацію можна порівнювати з воєнними діями. Для проведення

рятувальних робіт потрібне залучення великої кількості людей і матеріальних ресурсів, а несподіваний розвиток подій скорочує час на підготовку і проведення таких заходів [30].

Зниження масштабів людських втрат та матеріальних збитків, запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного і природного характеру, ліквідація їх наслідків є важливою загальнодержавною проблемою і одним з найважливіших завдань органів виконавчої влади, всіх органів управління цивільної оборони, управління всіх рівнів, спеціалістів і населення. Кардинальне вирішення проблем захисту населення і територій України від НС, зменшення їх соціально-економічних і екологічних наслідків можливе лише шляхом проведення цілого комплексу заходів.

У значній мірі досягнення цієї мети залежить від уміння керівників усіх рівнів (від об'єктового до урядового), спрогнозувати усі можливі наслідки НС, чітко спланувати заходи щодо їх запобігання та ліквідації, організувати управління під час їх виконання, високого стану готовності до дій у НС органів управління, сил і населення [Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 №5403-VI, ст. 130]. Виконання всіх умінь, завдань, перш за все, буде залежати від якості планування та повноти виконання запланованих заходів на об'єктовому рівні [16, с. 395].

Суть планування заходів ЦЗ, на випадок НС полягає в аналізі стану ЦЗ;

- оцінка обстановки, яка може скластися при виникненні аварій, катастроф і стихійних лих та застосування противником сучасних засобів ураження;
- розробка заходів, спрямованих на захист населення та підвищення стійкості функціонування в мирний час та в особливий період;
- установлення послідовності, строків, способів здійснення намічених заходів і виконавців та визначенні необхідних ресурсів для їх проведення.

Головною метою планування заходів ЦЗ є створення умов для:

- організованого і своєчасного проведення заходів захисту робітників, службовців, їх сімей і населення, яке мешкає в зоні можливого ураження;
- забезпечення успішного проведення рятувальних і невідкладних робіт (РiНР) при ліквідації наслідків НС техногенного та природного характеру;

– участі в територіальній обороні та антитерористичній діяльності в особливий період.

Планування має бути також спрямоване на те, щоб запобігти або максимально знизити людські та матеріальні втрати, а також забезпечити життєдіяльність галузі, регіону підпорядкованих їм об'єктів і населення у разі виникнення вищезазначених ситуацій.

При плануванні заходів ЦЗ на особливий період повинно забезпечуватися взаємне узгодження і ув'язка їх із заходами мобілізаційного розгортання народного господарства та заходами, які проводять військове командування та органи управління ЦЗ [16, с. 396].

Планування повинно бути реальним, цілеспрямованим, конкретним, точним, гнучким, перспективним, базуватися на глибоко продуманих рішеннях, обґрунтованих розрахунках та враховувати специфіку і особливості діяльності. Воно повинно здійснюватися завчасно та забезпечувати своєчасний ввід планів ЦЗ в дію, особливо під час раптового виникнення НС техногенного та природного характеру і в особливий період.

Документами для планування є укази Президента України, законодавчі акти ВРУ, постанови та розпорядження КМУ, «План реагування на НС державного рівня», витяги з рішення начальника ЦЗ області, району по організації та веденню ЦЗ на території області або району, витяг з «Плану організації евакозаходів та визначення місць розміщення евакуйованого населення».

На об'єктах господарювання повинні бути розроблені два плани, а саме:

- дій з попередження та ліквідування НС (на мирний час);
- цивільного захисту (на воєнний час) [30].

Головна мета цих планів – максимальне зниження людських та матеріальних втрат у будь-яких умовах обстановки.

4.2.2. Дослідження стійкості роботи у надзвичайних ситуаціях підприємств електротехнічної та світлотехнічної галузі

Під стійкістю роботи об'єктів електротехнічної і світлотехнічної галузі розуміють його спроможність в умовах надзвичайної ситуації випускати

продукцію в запланованому обсязі та номенклатурі, а при отриманні середніх руйнувань або порушенні зв'язків з кооперації та поставок відновлювати виробництво у мінімальні терміни.

Під стійкістю роботи об'єктів, які безпосередньо не виробляють матеріальні цінності розуміють їх спроможність виконувати свої функції в умовах НС [16, с. 404].

На стійкість роботи об'єктів електротехнічної та світлотехнічної галузі в умовах НС впливають наступні фактори:

- надійність захисту робітників та службовців;
- спроможність інженерно-технічного комплексу об'єкта протистояти у визначеному ступеню уражаючих факторів стихійного лиха, аварій, катастроф та сучасних видів зброї;
- захищеність об'єкта від вторинних уражаючих факторів (пожеж, вибухів, зараження отруйними речовинами);
- надійність системи забезпечення об'єкта всім необхідним для виробництва (сировиною, паливом, комплектуючими вузлами і деталями, електроенергією, водою, газом та іншим);
- стійкість та безперервність управління виробництвом та ЦО;
- підготовленість об'єкта до ведення РіНР та робіт щодо порушеного виробництва.

Захист робітників та службовців досягається чотирма основними способами:

- укриття людей в захисних спорудах;
- проведення евакозаходів;
- радіаційно-хімічний захист;
- медичний і біологічний захист [16, с. 405].

Надійно захистити виробничий персонал об'єкта можливо лише при комплексному використанні усіх основних способів захисту.

Захист виробничих фондів полягає у підвищенні протидії будинків, споруд і конструкції об'єкта до уражаючих факторів та захисті технологічного

обладнання, верстатів, систем і комунікацій та інших засобів, що формують основу виробничого процесу.

Створення надійних систем електро-, водо- та теплозабезпечення об'єктів:

а) підвищення стійкості електрозабезпечення:

- розподіл схеми електромереж на незалежно працюючі частини;
- закільцювання електромереж та підключення їх до декількох джерел енергозабезпечення;

– створення резерву дизельних електростанцій;

б) підвищення стійкості систем водопостачання:

- водопостачання від двох незалежних джерел, одне з яких підземне;
- захист вододжерел та резервуарів чистої води;
- створення обвідних (байпасних) ліній навколо водонапірних веж;

в) підвищення стійкості систем газу, тепло- та паливо- забезпечення:

– розподільні газопроводи робити підземними та передбачати їх кільцювання;

– газорозподільні станції та опорні пункти обвідних газопроводів передбачати в підземному варіанті;

– встановлювати в основних вузлових точках систем автоматичні вимикаючі пристрої, які спрацьовують при аваріях [16, с. 406].

Підвищення протипожежної стійкості:

- максимальне скорочення запасів палива та вибухонебезпечних речовин;
- проведення профілактичних протипожежних заходів;
- підготовка сил і засобів пожежогасіння.

Створення стійкості системи матеріально-технічного постачання. На об'єктах електротехнічної і світлотехнічної галузі створюють запаси сировини, палива, комплектуючих вузлів і деталей, обладнання, які дозволяють продовжувати роботу на випадок дезорганізації постачання.

Створення стійкості системи управління:

- підготовка ПУ (захищених);
- забезпечення ПУ засобами зв'язку;
- використання автоматизованої системи управління. Підготовка до прискореного (негайного) відновлення порушеного виробництва;

- розробка необхідної технічної та технологічної документації;
- створення запасів матеріальних засобів для встановлення робіт;
- розробка розрахунків сил і засобів для відновлюючих робіт;
- визначення вірогідної черговості робіт по відновленню виробництва з урахуванням наявних ресурсів та місцевих умов.

Крім того, на стійкість роботи підприємств електротехнічної та світлотехнічної галузі буде впливати наявність підготовленої робочої сили.

Підвищення надійності та оперативності управління виробництвом:

- створення на об'єкті стійкої системи зв'язку;
- висока підготовка керівного складу;
- своєчасне прийняття вірних рішень та постановка завдань підлеглим у відповідності до обстановки, що склалася [16, с. 407].

Підвищення стійкості роботи об'єкта електротехнічної та світлотехнічної галузі досягається завчасним проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних та організаційних заходів, які спрямовані на максимальне зниження дії уражаючих факторів і створення умов для ліквідації наслідків НС.

Інженерно-технічні заходи – це комплекс робіт, що забезпечують підвищення стійкості виробничих будинків і споруд, обладнання, комунально-енергетичних систем.

Технологічні заходи забезпечують підвищення стійкості роботи об'єкті шляхом зміни технологічного процесу, що сприяє спрощенню виробництва продукції та усуває можливість виникнення вторинних уражаючих факторів.

Організаційні заходи передбачають розробку і планування дій керівного командно-начальницького складу штабу, служб і формування ЦО при захисті робітників і службовців, проведенні РіНР, відновленні виробництва.

Висновок: планування заходів цивільного захисту призначене для максимального зниження людських жертв та матеріальних збитків під час настання НС. Запорукою успіху роботи підприємства у будь-яких випадках, а також при настанні НС є висока стійкість підприємства. Для підвищення стійкості найпершим є створення стійкої системи управління, а також створення надійних систем постачання ресурсів та енергоресурсів. Також потрібно проводити заходи для підвищення стійкості виробничих будівель, споруд та змінювати технологічних процес на більш новіший і стійкіший.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Метою цієї роботи було побудувати та порівняти два різні варіанти з використанням інтегральних мікросхем, які можуть бути використані в адаптивному освітленні електромобіля. У таблиці представлено порівняння двох варіантів на основі якісних і кількісних даних, представлених у даній роботі.

Порівняння результатів дослідження

	Варіант 1	Варіант 2
Мікросхема	LT3797	LT3755
Вхідна напруга	9-16 В	9-16 В
Вихідна напруга	0-3В	0-24 В
Вихідний струм	1А	500 мА
Коефіцієнт затемнення ШІМ	5000:1	500:1
Частота переключення [кГц]	38,88	5.1

2. Проведено вибір компонентів і плати для драйверів світлодіодів. Було представлено апаратну перевірку, а також аналіз перехідних характеристик струму для двох варіантів. Після того, як апаратне забезпечення було завершено, сигнали ШІМ, згенеровані мікроконтролером, були інтегровані з драйверами, що дало змогу отримати повністю функціональну інтегровану систему, яка забезпечує адаптивне освітлення.

3. Проведено дослідження вихідного струму драйвера системи адаптивного освітлення, яке показало, що форма сигналу вихідного струму є П-подібною, з пульсацією від піку до піку 170 мА для варіанту 1, а для варіанту 2 пульсація становить 70 мА.

4. Проведено дослідження ШІМ драйвера системи адаптивного освітлення, який показав, що струм досягає кінцевого значення 1А за 1мкс і залишається на кінцевому значенні протягом 1мкс. Це свідчить про хорошу

форму перехідного сигналу і коефіцієнт затемнення 5000:1 для варіанту 1. Для варіанту 2 коефіцієнт затемнення становить 500:1. Це означає, що для досягнення кінцевого значення вихідного струму потрібно в 10 разів більше часу, ніж варіант 1

5. Якісні та кількісні дані показують, що варіант 1 дає найвищий коефіцієнт затемнення ШІМ. Оскільки кожен світлодіод має свій власний комутатор, цей варіант з вищою ціною, але з більш високою продуктивністю може бути використаний, де яскравість світлодіодів потрібно зменшити дуже низько. Варіант 2 повільніший, менший за ціною альтернативи, може використовуватись в системах гальм або фар, де коефіцієнт затемнення повинен досягати лише 100:1.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Arik, M.; Petroski, J.; Weaver, S., "Thermal challenges in the future generation solid state lighting applications: light emitting diodes," Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, 2002. ITherm 2002. The Eighth Intersociety Conference on , vol., no., pp.113,120, 2002
2. Chen, N. P. Handbook of Light Emitting and Schottky Diode Research. New York: Nova Science, 2009. Print.
3. Cooper, Julian. "Driving LED Lamps - Some Simple Design Guidelines." Ledsmagazine.com. N.p., Aug. 2008. Web. 05 Feb. 2015.
4. Falin, Jeff. "Compensating and Measuring the Control Loop of a High-power LED Driver." (n.d.): n. pag. Ti.com. Texas Instruments, Oct. 2008. Web. 4 Feb. 2015.
5. Held, Gilbert. Introduction to Light Emitting Diode Technology and Applications. Boca Raton: CRC, 2009. Print.
6. Kueck, Christian. "Power Supply Layout and EMI." AN139 (2012): n. pag. Linear.com. Linear Technology, Oct. 2012. Web. 4 Feb. 2015.
7. Likely, Chris. "Guide to Selecting Inductors for Switching Regulators." Magnetic Components Special Report (2003): n. pag. Powerelectronics.com. Power Electronics Sponsor, July 2003. Web. 4 Feb. 2015.
8. Linear Technology, "LT3755 - 40Vin,75Vout, LED Controllers," LT3755 Datasheet, 2013.
9. Linear Technology, "LT3797 - Triple Output LED Driver Controller," LT3797 Datasheet, 2013.
10. Microchip, "28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontroller," PIC16F877A Datasheet, November 2012.
11. Perica, Goran. "Ceramic Input Capacitors Can Cause Overvoltage Transients." AN88 (n.d.): n. pag. Linear.com. Linear Technology, Mar. 2001. Web. 4 Feb. 2015.
12. Richardson, Chris. "Driving LEDs: To Cap or Not to Cap." AN116 (n.d.): n. pag. Power.national.com. Texas Instruments, June 2007. Web. 4 Feb. 2015.
13. Rosen, Rich. "Dimming Techniques for Switched-Mode LED Drivers." AN126 (2011): n. pag. Ti.com. Texas Instruments, June 2011. Web. 4 Feb. 2015.
14. Seago, John. "AN76 - OPTI-LOOP Architecture Reduces Output Capacitance and Improves Transient Response." (1999): 1-16. Linear.com. 5 May 1999. Web. 4 Feb. 2015. [Online].
15. Skovmand, Tim. "Micropower High Side MOSFET Drivers." (1993): n. pag. Linear.com. Linear Technology, Jan. 1993. Web. 4 Feb. 2015.
16. Texas Instruments, ed. "Design Challenges of Switching LED Drivers." AN-1656

(2007): n. pag. Ti.com. Texas Instruments, May 2013. Web. 4 Feb. 2015.

17. Williams, Jim. "AN25 - Switching Regulators for Poets: A Gentle Guide for the Trepidatious." Application Note 25 (1987): 1-24. Linear.com. Linear Technology, Sept. 1987. Web. 4 Feb. 2015.

18. Williams, Jim, and Brian Huffman. "Some Thoughts on DC/DC Converters." (1988): n. pag. Linear.com. Linear Technology, Oct. 1988. Web. 4 Feb. 2015.

19. Williams, Jim. "High Voltage, Low Noise, DC/DC Converters." AN118 (2008): n. pag. Linear.com. Linear Technology, Mar. 2008. Web. 4 Feb. 2015.

20. Williams, Jim. "Step-Down Switching Regulators." (n.d.): n. pag. Linear.com. Linear Technology, Aug. 1989. Web. 4 Feb. 2015.

21. Zhang, Henry J. "PCB Layout Considerations for Non-Isolated Switching Power Supplies." AN136 (2012): n. pag. Linear.com. Linear Technology, June 2012. Web. 4 Feb. 2015