

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Система автоматичного регулювання яскравості освітлення

Назва теми

КвРАКІТ.2020031.01.11 ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

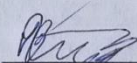
Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:

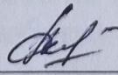
студент IV курсу, група АКІТ-20-1


Підпис

Владислав РЕПІНСЬКИЙ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

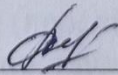
Керівник


Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

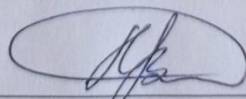
Нормоконтролер


Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри автоматизації
та комп'ютерно-інтегрованих
технологій та робототехніки


Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 23 » червня 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки

Освітній рівень перший (бакалаврський)

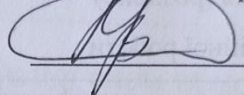
Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня-професійна програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри АКІТтаР



Валерій МАРТИНЮК

10.01.2024р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Репінський Владислав Володимирович

1 Тема роботи: Система автоматичного регулювання яскравості освітлення
керівник роботи Людмила КОРЕЦЬКА, к.т.н, доцент

Затверджено наказом по університету від «15» лютого 2024р. №8.

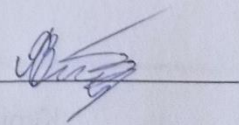
2 Строк подання студентом роботи на кафедру: 01.06.2024р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) завдання на виконання кваліфікаційної
роботи

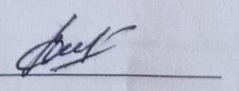
4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ.
Огляд методів розв'язання поставленої задачі. Розробка схемотехнічних
рішень. Розробка алгоритму роботи програмного забезпечення. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
7 презентаційних слайдів

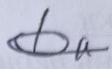
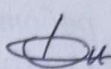
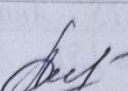
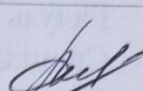
Завдання отримав _____



Керівник _____



6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

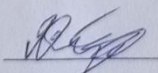
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

7. Дата видачі завдання 10.01.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Вибір та затвердження теми кваліфікаційної роботи; розробка завдання на кваліфікаційну роботу; складання календарного графіка виконання кваліфікаційної роботи	01.03.2024	Виконано
2 Вивчення предметної області, в якій планується використання системи автоматизації; аналіз вимог до системи автоматизації	15.03.2024	Виконано
3 Проектування та розробка загальної архітектури і структури системи автоматизації, інтерфейсу користувача; вибір засобів реалізації системи автоматизації	29.03.2024	Виконано
4 Програмна реалізація та тестування системи автоматизації	12.04.2024	Виконано
5 Написання тексту пояснювальної записки та розробка графічних матеріалів	19.04.2024	Виконано
6 Остаточне коригування кваліфікаційної роботи з урахуванням зауважень керівника; оформлення кваліфікаційної роботи як документа відповідно до вимог	11.04.2024	Виконано
7 Отримання супровідних документів (відгуку керівника, рецензії, довідки про перевірку на плагіат); нормоконтроль	30.05.2024	Виконано
8 Підготовка до захисту та захист кваліфікаційної роботи	03.06.2024	Виконано

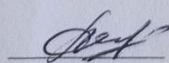
Студент


Підпис

Владислав РЕПІНСЬКИЙ

Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

Людмила КОРЕЦЬКА

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Система автоматичного регулювання яскравості освітлення».

Автор роботи: Владислав РЕПІНСЬКИЙ.

Керівник роботи: Людмила КОРЕЦЬКА

Пояснювальна записка: 67 с., 11 рис., 3 табл., 2 дод., 40 джерел.

Графічна частина: 15 презентаційних слайдів.

АЛГОРИТМ, ДЖЕРЕЛО ОПОРНОЇ НАПРУГИ, ПРОГРАМА,
ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Метою роботи є розробка системи автоматичного регулювання яскравості освітлення.

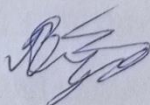
У роботі розроблено пристрій автоматичного регулювання світла на мікроконтролері. Актуальністю даної теми було те, що в процесі проектування ставилося завдання спроектувати пристрій, який не мав би аналогів і відрізнявся новизною, простотою та дешевизною.

Був розроблений світильник, який усунув майже всі недоліки подібних пристроїв, що раніше існували, чим у свою чергу покращив показники за санітарними, енергозберігаючими і пожежобезпечними нормами.

У процесі розробки було вивчено вітчизняні та зарубіжні джерела інформація мережі Інтернет, технічні характеристики та принцип дії пристроїв-аналогів.

У процесі розробки було складено алгоритм управління, програмне забезпечення мікроконтролера, зроблено розрахунок елементів електричної схеми, згідно з довідковими даними.

Підпис студента



Дата 20.06.2024

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
1 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ СВІТЛА	6
1.1 Пристрої автоматичного регулювання світла.....	6
1.2 Освітленість та її норми	8
1.3 Методи управління освітленістю.....	12
1.4 Постановка задачі	15
1.5 Висновки до першого розділу.....	18
2 РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ	19
2.1 Розробка структурної та функціональної схем пристрою.....	19
2.2 Вибір мікроконтролера	21
2.3 Розробка схеми електричної принципової.....	23
2.4 Вибір, опис та розрахунки елементної бази.....	24
2.5 Висновки до другого розділу	45
3 АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРИСТРОЮ	46
3.1 Розробка алгоритму управління	46
3.2 Розробка програмного забезпечення мікроконтролера.....	47
3.3 Особливості підключення і програмування мікроконтролера.....	59
3.4 Висновки до третього розділу.....	62
ВИСНОВКИ.....	63
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	64
ДОДАТОК А Програмний код	68
ДОДАТОК Б Презентаційні матеріали	87

КВРАКІТ.2020031.01.11 ПЗ					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.		Репінський В.		23.06.24	
Перевір.		Корецька Л.О.		23.06.24	
Н. Контр.		Корецька Л.О.		23.06.24	
Затв.		Мартинюк В.В.		23.06.24	
Система автоматичного регулювання яскравості освітлення					
Пояснювальна записка					
			Літ.	Лист	Листів
				1	
ХНУ, АКІТ-20-1					

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- АЦП - аналого-цифровий перетворювач;
ВДТ – відеодисплейний термінал;
РКІ-дисплей – рідкокристалічний дисплей;
ДОП - джерело опорної напруги;
ІПГ – імітація присутності господарів;
КЗ – коротке замикання;
МПС – мікропроцесорна система;
ОЗП - оперативно-запам'ятовуючий пристрій;
ОМК – однокристальні мікроконтролери;
ПЗП - програмно-запам'ятовуючий пристрій;
ПЗ – програмне забезпечення.

					КвРАКІТ.2020031.01.11 ПЗ	3
		№ докум.	Підпис			

ВСТУП

Мікроконтролери, що вирішують різноманітні завдання, все ширше використовуються в системах керування та обробки даних. Однокристальні мікроконтролери (ОМК) — це найбільша категорія сучасних мікропроцесорних пристроїв із річним випуском понад 2,5 мільярда штук. ОМК об'єднує високопродуктивний процесор, пам'ять і набір периферійних схем на одному кристалі, що дозволяє реалізовувати ефективні системи і пристрої управління для різноманітних об'єктів (процесів) з найменшими витратами. На відміну від традиційних мікропроцесорів, для роботи яких потрібні схеми зовнішнього інтерфейсу, у випадку з ОМК, крім основних функціональних вузлів, він також включає допоміжні вузли, такі як тактові генератори, таймери, контролери переривань, цифро-аналогові та аналого-аналогові вузли. цифрові перетворювачі, розміщені порт.

Завдяки цим якостям ОМК широко використовується в системах промислової автоматизації, контрольно-вимірювальних приладах і системах, комунікаційному обладнанні, автомобільній електроніці, медичному обладнанні, побутовій техніці та багатьох інших галузях.

Використання однокристальних мікроконтролерів переносить основні витрати, пов'язані з розробкою вбудованої системи керування, з апаратного забезпечення на програмне забезпечення. Це неминуче призводить до підвищення складності програмного забезпечення (ПЗ) та складності мікроконтролера.

Однією з особливостей розробки програмного забезпечення ОМК є використання мови асемблера низького рівня. Це пояснюється тим, що час реакції на зовнішні впливи, час виконання даного процесу обробки даних і розмір програмного коду та області даних є вирішальними для впровадження вбудованих систем.

Світова промисловість виробляє широкий спектр мікроконтролерів. За сферою застосування їх можна розділити на дві категорії: спеціалізовані типи, що

					КвРАКІТ.2020031.01.11 ПЗ	4
		№ докум.	Підпис			

використовуються в будь-якій конкретній галузі (телевізійні контролери, контролери модемів, контролери комп'ютерної миші) і типи загального призначення, без специфічних функцій. Конкретна спеціалізація, доступна в різних областях мікроелектроніки, за допомогою якої можна створити будь-який з перерахованих вище пристроїв, а також абсолютно нові.

					КВРАКІТ.2020031.01.11 ПЗ	5
		№ докум.	Підпис			

1 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ СВІТЛА

1.1 Пристрої автоматичного регулювання світла

Реалізація проекту освітлення приміщення – складний процес. Цей процес ще складніший для громадських місць, якщо взяти до уваги різне сприйняття користувачами інтенсивності світла. Деякі люди ходять занадто темні лампи, інші хочуть, щоб їхні освітлювальні прилади були на максимальній потужності. Рішення набагато простіше - вибрати диммер для світла. Маленький модуль сумісний з будь-яким освітлювальним приладом.

Диммер - електронний пристрій або світлорегулятор, який використовується в настільних лампах, люстрах, люстрах і т.д. освітлювальний прилад. Перші моделі відповідали тільки за яскравість лампи, а сучасні моделі стали багатофункціональними:

- керують інтенсивністю світіння ;
- відповідають за автоматичне відключення / плавне включення світла ;
- підтримують різні режими роботи (миготіння , як стробоскоп, затемнення ін.);
- дистанційне управління і т.д.

Можливість змінювати потужність ламп дає багато переваг: ризик стрибків струму зведений до мінімуму, напруга живлення ламп стабільна, при зміні яскравості змінюється спектральний відтінок світіння, що дає можливість контролювати групу ламп і подовжити термін служби джерела світла.

Регулювання освітленості в кімнаті здійснюється за допомогою різних приладів. Класифікація за різними критеріями:

- виконання та тип конструкції - поворотні, поворотно-натискні, кнопочові, сенсорні;

					КвРАКІТ.2020031.01.11 ПЗ	6
		№ докум.	Підпис			

- керування - механічне, сенсорне, дистанційне через пульт, акустичне (бавовною, голосом). Останній тип застосовується у системах «розумний дім»;
- спосіб монтажу - зовнішній на стіну як вимикач, на DIN-рейку електрощитової або розподільну коробку електромережі. Для прихованого монтажу підходять модулі дистанційного та акустичного керування.

Освітлення різних типів ламп регулюється диммером по нараостаючому фронту («front edge cutoff») або по спадаючому фронту (dimmer back або trailing edge). Перший призначений для ламп розжарювання і галогенних ламп. Для світлодіодів застосовуються тільки за умови сумісності, зазначені в описі напівпровідникового кристала. Рідше зустрічаються модулі із спадаючим краєм. Спочатку були розроблені для люмінесцентного освітлення, тепер вони краще підходять для світлодіодних систем. [1]

Користувачі можуть зіткнутися з двома проблемами: вирішити, як вибрати диммер для наявного освітлення або де знайти світлові світильники з регулюванням яскравості. Другий варіант більш простий, так як виробники пропонують безліч рішень для зміни яскравості і кольору світіння.

Перш ніж купувати диммер, ви захочете переконатися, що він сумісний з наявними лампами. Складність полягає в тому, що домашня електромережа працює на 220 В змінного струму, а світлодіодне джерело світла відчуває 12-24 В постійного струму. Цей «перехід» здійснюється за допомогою мікродрайвера, розташованого в самій лампі або в конструкції лампи. Якщо підключений диммер, драйверу стає складніше розуміти команди диммера і регулювати потужність джерела світла. Сумісність ламп і регуляторів - головна особливість їх роботи на «одній хвилі».

Щоб лампа з регулюванням освітленості та кольорової температури працювала коректно під запити, потрібно пам'ятати, що світлодіодні джерела майже не змінюють спектр свічення при зменшенні потужності. Для кожного кімнати легко підібрати комфортний відтінок. Нейтральний, теплий, холодний -

вибір за користувачем. Вказані виробником характеристики світіння стосуються роботи лампи на повну потужність.

1.2 Освітленість та її норми

При нестачі або недостатньому освітленні люди відчуватимуть дискомфорт. Кожен це знає, і кожен може налаштувати освітлення відповідно до власних суб'єктивних потреб і вподобань.

Так навіщо ж потрібні стандарти освітлення? Стандарти розробляються науково-дослідними установами, затверджуються державою і є обов'язковими. Ці норми визначені та обов'язкові для громадських місць, фабрик, готелів та інших місць, де комфорт і зручність повинні бути забезпечені всім і де не можна покладатися на свої суб'єктивні відчуття.

Огляньте своє житло, щоб уникнути суб'єктивних помилок. Часто людина відчуває себе некомфортно в конкретному приміщенні. Люди почуваються некомфортно, але причини незрозумілі. Власники квартир можуть замінити або переставити меблі, перефарбувати стіни та стелі, покласти нову підлогу, а причиною може бути неправильне освітлення, якого вони не очікували. Якщо освітлення у вашому домі не на належному рівні, варто почати модернізувати свій будинок.

Вимірювання освітленості

Як виміряти освітленість кімнати? Освітленість вимірюється в люксах і може бути виміряна двома способами. Перший спосіб – інструментальний. Можна придбати спеціальне обладнання для домашнього або професійного використання - люксметр - або встановити на смартфон додаток з функцією люксметра. Точність вимірювання побутових приладів і програм обмежена - іноді показники різних програм відрізняються в два рази.

					КвРАКІТ.2020031.01.11 ПЗ	8
		№ докум.	Підпис			

Тому, знаючи площу і висоту кімнати, ми можемо визначити світловий потік (в люменах) лампочки, необхідний для її освітлення відповідно до нормативів. Світловий потік кожної лампочки вказано на упаковці (в люменах). Знаючи це, можна розрахувати необхідну кількість таких лампочок. Ви також можете підрахувати, скільки люкс освітлення забезпечує лампа у вашому місці для всієї кімнати.

Окремо підкреслимо, що Люкс є одиниця вимірювання освітленості . Люмен одиниці вимірювання світлового потоку конкретні лампочки. Вони не тотожні.

Норми освітленості та скільки світла потрібно людині

Опишемо далі норми освітленості. Вони є різні для різних приміщень та залежать від функціоналу приміщення від того, що людина робить у цих приміщеннях і наскільки важливий зір для цієї роботи. Прикладом, у хірургічних операційних необхідні більше 5000 люкс, в конструкторських бюро понад 750 люкс, в офісах 300-500, а в передпокої 100 люкс.

В Україні норми освітленості і все те, що з цим пов'язано регламентується Державними Будівельними Нормами України ДБН В.2.5-28:2018 (Природне та штучне освітлення). У ЄС стандартом вважається ISO 9895. Норми освітленості наведено у таблицях 1.1-1.3.

Таблиця 1.1 – Норми освітленості у житлових приміщеннях

	СНіП	ISO 8995
	Лк	Лк
Передпокій	50	100
Вітальні	100	200
Коридори	50	100

Кінець таблиці 1.3 – Норми освітленості в дитячих садках та навчальних закладах

Клас для креслення	500	750
Лабораторія	-	500
Музичний клас	-	300
Комп'ютерний клас	400	500
Лінгвістичний клас	200	300
Кімнати спільного призначення	200	200
Спортивні зали , басейни	200	300

Користуючись наведеними вище таблицями можливо перевірити, наскільки освітленість у приміщеннях відповідає українським та міжнародним стандартам та нормам. Щоб підвищити комфорт проживання людини в таких умовах, відхилення від норми слід мінімізувати . [2]

1.3 Методи управління освітленістю

Існує безліч способів відрегулювати яскравість електричної лампи. Залежить це насамперед від виду цієї лампи.

Лампа розжарювання

Найпростіший спосіб регулювати яскравість звичайної лампи розжарювання — це використовувати реостат. Схема роботи дуже проста: при русі повзунка реостата змінюється опір і відповідно змінюється сила струму, що протікає через лампу. При цьому вся надлишкова потужність розсіюється у вигляді великої кількості тепла через неефективність. Тому цей спосіб не економічний, має велику кількість ламп і пожежонебезпечний.

Інший спосіб регулювання яскравості - використання автотрансформатора. В основному він використовувався до появи напівпровідників. Його суть полягає в тому, що є обмотка і механічний повзунок, який переміщається між витками цієї обмотки, видаючи різні напруги. Коефіцієнт корисної дії цього трансформатора становить близько 90%, тому істотного нагрівання не відбувається через низькі втрати.

Потім, з появою напівпровідників, з'явилися так звані тиристорні регулятори. Щоб зрозуміти, як працює цей регулятор, подивіться на схему нижче. Він показує робочу напругу в мережі U . Звичайна синусоїда частотою 50 Гц і напругою 220 В. Звичайно, для Європи та нашої мережі. Це напруга, при якій звичайні лампи розжарювання та інші електроприлади працюють без регулятора напруги. U -регулятор (середній) є необхідною частиною для подачі напруги тиристора на навантаження в певний момент, тим самим відсікаючи форму хвилі від поточної синусоїди. Основна відмінність від варистора або автотрансформатора полягає в тому, що тиристор досягає ефекту регулювання потужності без зміни амплітуди струму. ККД тиристора близький до 100%.

Однак цей метод працює лише з лампами розжарювання, оскільки вони дуже інертні. Це означає, що коли напруга перетинає нуль (у випадку з тиристорами перехід через нуль зазвичай затримується на деякий час), котушка лампи просто не встигає охолонути настільки, щоб помітно згаснути. Отже, незважаючи на те, що лампи розжарювання живляться від мережі змінного струму, ми все одно не бачимо мерехтіння.

Люмінісцентні лампи

Для тих із вас, хто забув, як виглядає флуоресцентна лампа, ось зображення флуоресцентної лампи. Як і всі сучасні лампи, ця лампа не є термоінертною, тому всі попередні способи регулювання яскравості не працюватимуть з цією лампою. Навіть при звичайній робочій напрузі часто помітно мерехтіння лампи. Справа в тому, що навіть при радіочастоті 50 Гц така лампа гасне і блимає, коли струм переходить через нуль.

					КвРАКІТ.2020031.01.11 ПЗ	13
		№ докум.	Підпис			

Світлодіоди, або скорочено світлодіоди, є напівпровідниковими приладами, які простіші, безпечніші та зручніші в конструкції, ніж люмінесцентні лампи. Однак коштують вони набагато дорожче і тому ще не набули широкого поширення в побуті.

Окрім роботи від постійного струму та меншої інерційності, ніж люмінесцентні лампи, світлодіоди також мають нелінійну залежність яскравості від струму. Тому використання тиристорів тощо для регулювання світлодіодів не спрацює. ШІМ-регулювання також використовується для світлодіодів і схоже на керування, що використовується у люмінесцентних лампах, лише трохи складніше.

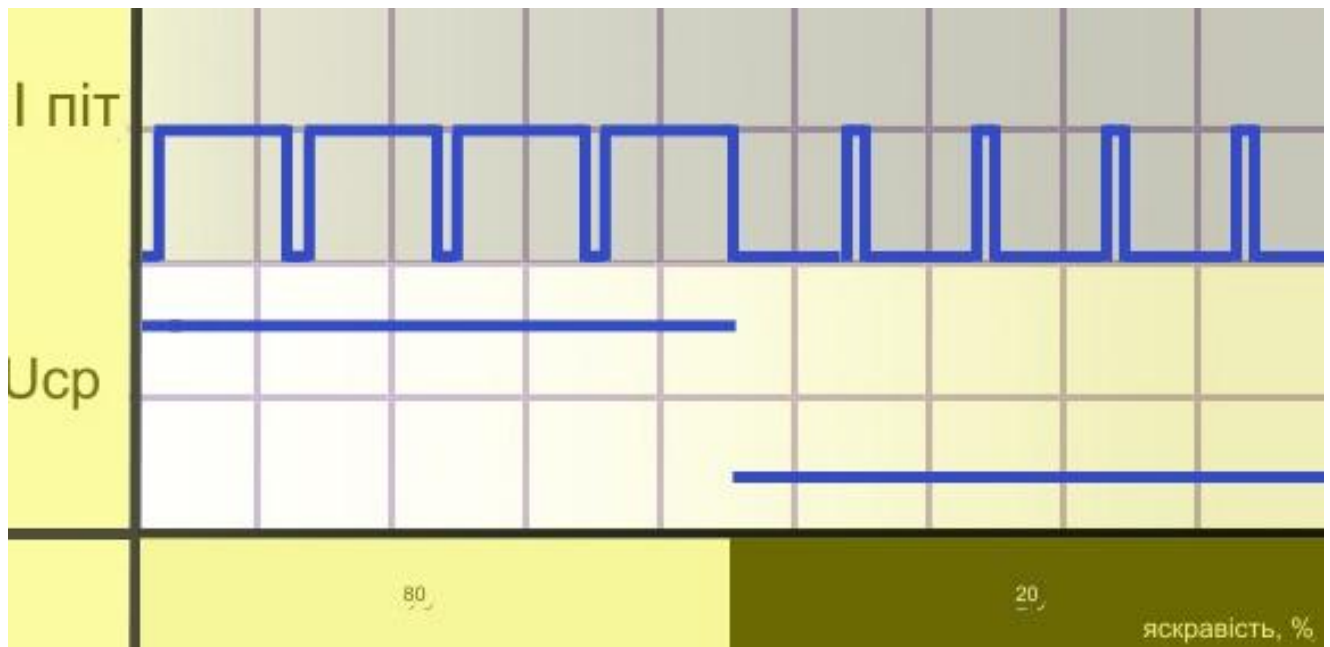


Рисунок 1.2 – Принцип ШІМ-регулятора потужності

1.4 Постановка задачі

Потрібно розробити регулятор яскравості ламп розжарювання (за кордоном званий «диммер» - dimmer), вільний від зазначених недоліків, і призначений для встановлення у двоканальний світильник промислового виробництва (рис. 1.3).

Розробка пристрою велася з урахуванням таких вимог:

- простота схеми (мінімальна кількість компонентів);
- функціональна насиченість, різноманіття регульованих параметрів;
- стійкість до кидків напруги, довговічність;
- відсутність чи мінімальний нагрівання компонентів (пожежобезпека);
- низьке енергоспоживання.

Нижче падіння напруги на переході транзистора скорочує тепловиділення. Відсутність поняття "струм утримання" дозволяє плавно регулювати малу яскравість.

Діодний міст виконує три функції:

- - створює пульсуючу однополярну напругу для живлення навантаження;
- - випрямляє мережну напругу для живлення схеми;
- - забезпечує мережну напругу подвоєної частоти (100 Гц), використовуване МК визначення моменту переходу фази мережі через нуль.

Ці пристрої призначені для вимірювання напруги на лампі шляхом виявлення переходу напруги живлення через нуль через той же діляник напруги і той же канал, вбудований в АЦП МК. Це дозволяє відмовитися від вбудованого компаратора МК, тим самим знизивши споживаний струм. Фільтрація мережних перешкод реалізована програмно.

Блок живлення виконаний за безтрансформаторною схемою, з погашеними резисторами (баластом). Також можлива побудова блоку живлення за трансформаторною схемою, так як мережний трансформатор відповідного розміру (максимально допустима висота 13 мм) відсутній.

1.5 Висновки до першого розділу

В розділі наведено опис задач забезпечення освітленості в різних побутових і небытових приміщеннях. Показані характеристик освітленості. Наведені таблиці припустимих значень освітленості і світлового потоку у різних приміщеннях.

Приведено опис методів регулювання освітленістю за допомогою різних ламп: розжарювання, люмінесцентних і світлодіодних. Показано переваги і недоліки різних методів.

					КвРАКІТ.2020031.01.11 ПЗ	18
		№ докум.	Підпис			

2 РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ

2.1 Розробка структурної та функціональної схем пристрою

Структурна схема пристрою автоматичного регулювання світла представлена рисунку 2.1.

Пристрій складається з основних елементів:

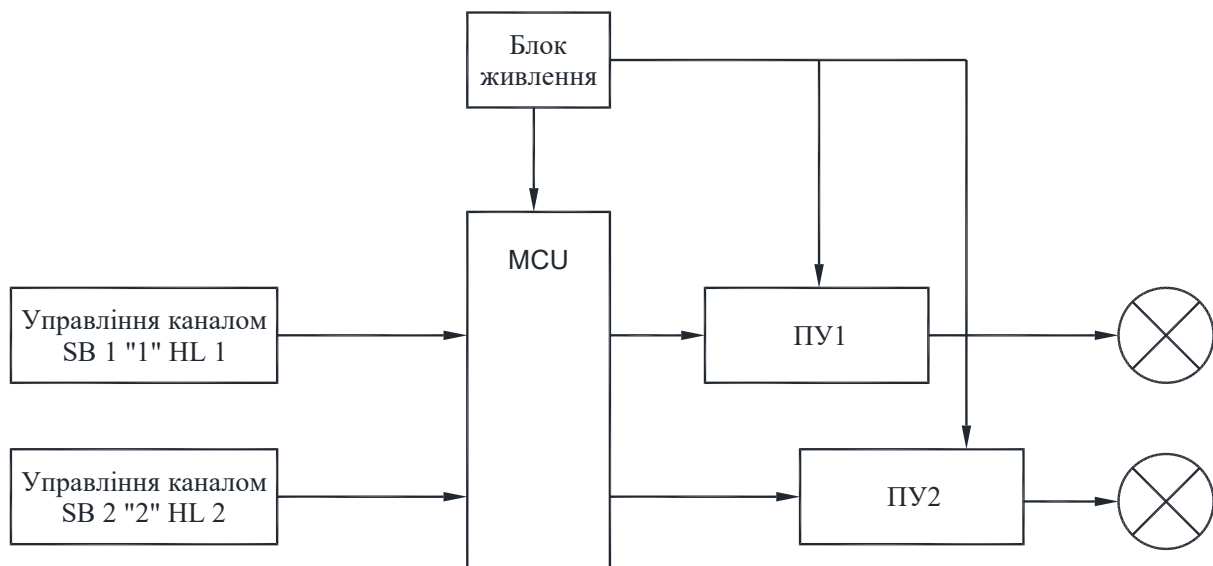


Рисунок 2.1 – Структурна схема пристрою автоматичного регулювання світла, де MCU - мікроконтролер (пристрій, що виконує функції управління пристроями управління); БП – блок живлення (здійснює живлення мікроконтролера та пристроїв управління необхідними напругами); ПУ1, ПУ2 - пристрій управління 1-го та 2-го каналу відповідно (здійснюють силове управління лампами освітлення за заданою програмою); SB 1, SB 2 – кнопки керування 1-им і 2-им каналами (здійснюють управління каналами освітлення, за заданою програмою); HL 1, HL 2 – лампи освітлення (висвітлюють приміщення у різних режимах та необхідної яскравості).

Функціональна специфікація:

					КвРАКІТ.2020031.01.11 ПЗ	19
		№ докум.	Підпис			

Входи

- a. SB 1, SB 2 – кнопки керування 1-им і 2-им каналами, відповідно;
- б . джерело електроживлення (БП).

Виходи

- a. ПУ1, ПУ2 - пристрій управління 1-го та 2-го каналу, відповідно.

Функції

a. Кнопками керування SB 1 і SB 2 здійснюється керування програмою мікроконтролера;

б . За обраною програмою здійснюється управління пристроями управління ПУ1 і ПУ2, які здійснюють регулювання подачі регульованої напруги на лампи розжарювання HL 1 і HL 2.

Основу пристрою, функціональна схема якого зображена на рис. 2.3, становить мікроконтролер ATmega16L сімейства AVR корпорації ATMEL. Управління здійснюється двома кнопками, що не фіксуються в натиснутому положенні, по одній на кожен канал.

Регулювання потужності засноване на реверсивному принципі управління фазою. Навантаження включається в кожному напівперіод мережі в момент переходу мережної напруги через нуль і вимикається через певний інтервал часу в залежності від необхідного рівня яскравості. Комутація навантаження здійснюється потужними транзисторами MOSFET (Транзистор1 і Транзистор2 на рис.2.2). Таке рішення має цілу низку переваг перед класичною схемою прямого фазового регулювання на основі триаку:

- "м'яке" керування транзистором дозволяє знизити рівень перешкод і дзвін нитки лампи - не потрібен громіздкий мережевий фільтр, що знижує ефективність і найчастіше є джерелом неприємного дзижчання;

- завдяки наростанню напруги з нуля та малому дзвону нитки, лампи служать набагато довше;

- для керування MOSFET транзистором потрібно набагато менший струм.

					КвРАКІТ.2020031.01.11 ПЗ	20
		№ докум.	Підпис			



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд мікроконтролера АТМеха 16 L

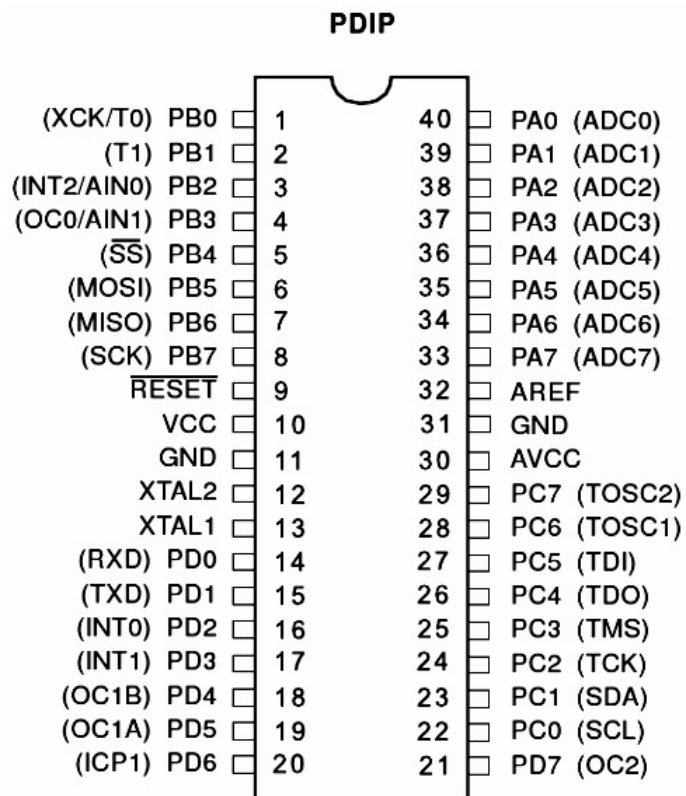


Рисунок 2.4 – Розміщення виводів мікроконтролера АТМеха 16L

пристрою все одно трохи нагрівається від ламп, особливо коли вони включені на максимальну яскравість.

З причини, зазначеної в розділі Захист від перевищення напруги, діодний міст повинен бути розрахований на зворотну напругу не менше 600 В.

б) Блок живлення

Джерело опорної напруги

Особливістю схеми є використання живлення МК не звичайного стабілітрона, а інтегрального джерела опорної напруги DA1 паралельного типу. Як зазначалося, це дозволяє відмовитися від окремого ДОП і знизити споживаний струм. Крім цього, якщо напруга на виході паралельного ДОП підвищиться з будь-яких причин, що виникли з боку шини живлення схеми, це не призведе до порушення стабілізації, а лише збільшить струм через ДОП. Це загальна особливість паралельних стабілізаторів напруги [3].

Нерегульований двовивідний ДОП обраний спеціально – немає необхідності підбирати та встановлювати два додаткові високоточні резистори. Для стабільної роботи даного ДОП не потрібен конденсатор з низьким еквівалентним послідовним опором (ESR), що також є плюсом.

Вибираємо ДОП серії LM4040 із класом точності 1%.

в) Баластний резистор

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

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

де $U_{вх}$ - вхідна (обмежувана) напруга, що знімається з виходу діодного моста; $U_{ст}$ - напруга стабілізації стабілітрона; I_n – струм навантаження; $I_{ст}$ – струм стабілітрона.

Змінимо формулу з урахуванням падіння напруги на двох діодах діодного мосту:

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

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

$$R = [(U_{вх} - 2 \cdot U_{д} - U_{ст}) / (I_{н} + I_{ст})] \cdot K_r \quad (2.3)$$

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

Почнемо з з'ясування максимального опору резистора, що забезпечує мінімальний струм стабілітрона за найгірших умов.

Мінімальне середнє значення випрямленої напруги $U_{вх}$ при 10%-ном допуску на напругу мережі [4] складе 198 В. Але тут слід також врахувати зниження напруги під впливом потужного навантаження. У розрахунку максимальної яскравості лампи вказано зниження на 4 ст.

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

Найбільше падіння напруги на діодному мосту $U_{д}$ буде за максимального навантаження. Згідно з графіком з опису моста, при струмі навантаження 0,55 А, коли обидві лампи включені на максимальну яскравість, пряма напруга для одного діода становить близько 0,73.

Відхилення стабілізованої напруги дорівнює 1% (за описом LM4040 клас точності D). Значить

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

Мінімальний струм, необхідний роботи стабілітрона, відповідно до його описом, становить $I_{ст} = 0,1 \text{ мА}$.

Оскільки у схемі використовуються два резистори, кожен з яких має допуск 5%, приймаємо $K_r = 0,9$. Старіння резисторів (збільшення опору з часом) враховується, т.к. вони не будуть піддаватися ні максимально допустимій напрузі, ні високій температурі.

Споживаний струм майже не залежить від того, чи включені канали, в якій кількості та на якій яскравості.

З огляду на малих величин зворотні струми захисного діода, діодного мосту, транзисторів, і навіть струми витoku конденсаторів не враховуються.

Значно на струм споживання впливає натискання кнопок. В цьому випадку струм протікає від плюса джерела живлення через внутрішній (pull-up) резистор МК та замкнуту кнопку на землю. Вказаний в описі МК мінімальний опір внутрішнього резистора становить 20 кОм. Якщо натиснуті обидві кнопки, струм складе $I = 2 \cdot (5/20000) = 0,5 \text{ (мА)}$.

Таким чином, сумарний максимальний струм споживання ланцюга +5В (при напрузі рівно 5,0 В) дорівнює $2,2 + 0,5 = 2,7 \text{ мА}$ (без урахування струму стабілітрона).

Отже, у разі, тобто. при напрузі 5,05, споживаний струм складе $I_n = 5,05 \cdot 2,7 / 5 = 2,73 \text{ мА}$.

Якби у схемі використовувався однополуперіодний випрямляч, цей струм треба було б подвоїти.

Підставимо отримані дані у вихідну формулу (2.3):

					КвРАКІТ.2020031.01.11 ПЗ	27
		№ докум.	Підпис			

$$R = [(194 - 2 \cdot 0,73 - 5,05) / (0,00273 + 0,0001)] \cdot 0,9 =$$

$$= [187,49 / 0,00283] \cdot 0,9 = 66251 \cdot 0,9 = 59626 \text{ (Ом)}$$

Таким чином, баласт повинен мати опір трохи більше 60 кОм. Його можна отримати, з'єднавши послідовно два резистори по 30 кому (про те, чому не можна обійтися одним резистором, розказано далі при розрахунку його потужності).

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

$$I_{ст} = [(U_{вх} - 2 \cdot U_{д} - U_{ст}) / (R \cdot K_r)] - I_{н}. \quad (2.4)$$

Для розрахунку приймаємо такі чисельні значення:

Максимальна напруга обмеження захисного діода $U_{вх} = 548 \text{ Ст.}$

За відсутності навантаження падіння напруги одному діоді діодного мосту складе $U_{д} = 0,65 \text{ У.}$

Мінімальна напруга стабілізації стабілітрону $U_{ст} = 5 - 0,05 = 4,95 \text{ (В).}$

Так як шунт складений із двох резисторів, $R = 30000 + 30000 = 60000 \text{ (Ом).}$

Коефіцієнт опору K_r приймаємо рівним 0,95 т.к. при цьому струм стабілітрону буде більшим.

Мінімальний струм навантаження буде при не натиснутих кнопках. При номінальній напрузі живлення 5 цей струм дорівнює 2,2 мА. Значить при мінімальній напрузі 4,95 В струм дорівнюватиме $I_{н} = 4,95 \cdot 2,2 / 5 = 2,18 \text{ (мА).}$

$$I_{ст} = [(548 - 2 \cdot 0,65 - 4,95) / ((30000 + 30000) \cdot 0,95)] - 0,00218 =$$

$$= [541,75 / 57000] - 0,00218 = 7,3 \text{ (мА).}$$

Отримане значення менше 12 мА – величини максимального струму ДОП, рекомендованого у його описі. Потужність ДОП, що розсіюється при такому струмі, становитиме $5 \cdot 0,007 = 35$ (мВт). Це більш ніж на порядок менше за його максимальну потужність 500 мВт. Отже, вибраний опір баластового резистора нам підходить.

Переходимо до розрахунку потужності баластового резистора. На перший погляд, здавалося б, резистора 0,5 Вт буде досить, адже він витримує напругу до 350 В. Насправді це не так. У [5] сказано, що потужність резистора, що вказується в його описі, дійсна лише в тому випадку, якщо його опір вищий за так званий критичний. Останнє обчислюється за такою формулою:

$$R_k = U_{пасп}^2 / P_{пасп}, \quad (2.5)$$

де $U_{пасп}$ - паспортна робоча напруга резистора,
 $P_{пасп}$ - його паспортна потужність.

Для резистора серії С2-23 потужністю 0,5 Вт критичний опір $R_k = 350^2 / 0,5 = 245$ (кОм). Якщо опір резистора, як у нашому випадку, менший за критичний розрахунок потужності слід проводити за формулою: $P = U^2 / R$. Враховуючи максимальну напругу мережі, мінімальне падіння напруги на діодному мосту, і мінімальна напруга стабілізації, потужність резистора дорівнюватиме:

$$P = (U_{вх} - 2 \cdot U_d - U_{ст})^2 / R \quad (2.6)$$

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

Проте виявилось, що потужності резистора 1 Вт також недостатньо. Експериментальна перевірка показала, що навіть резистор 2 Вт (вітчизняний, серії МЛТ-2) опором 56 ком сильно нагрівається. Відповідно до вимог проекту це неприпустимо. Нагрівання баластного резистора є єдиною причиною нагрівання корпусу пристрою в режимі очікування. Тому необхідно це нагрівання усунути.

Спроба використання 5 Вт імпортного резистора серії SQP опором 50 ком проблему не вирішила - він нагрівається майже до тієї ж температури, що і МЛТ-2.

В результаті було вирішено використати два 2 Вт резистори, з'єднавши їх послідовно. Крім зниження температури, це збільшує надійність пристрою, т.к. у разі пробою одного з резисторів, другий запобігатиме виходу ДОП з ладу. Щоб забезпечити рівномірне нагрівання, номінали резисторів повинні бути однаковими.

Переважними є вітчизняні 2 Вт резистори серії МЛТ-2. Їхні габарити дещо більші за імпортні аналоги серії С2-23, зате вони менше нагріваються.

г) Фільтруючий конденсатор

Конденсатор С1 згладжує пульсацію випрямленої напруги. Хоча для розрахунку його ємності можна було скористатися методикою [6, стор.52, розділ 1.27 "Фільтрація в джерелах живлення"], конденсатор підбирався емпіричним шляхом. Це викликано наступною обставиною.

Через кілька секунд після закінчення регулювання яскравості її значення запам'ятовується в EEPROM. Згідно з описом МК, струм програмування становить 6 мА (при 5, 25°C). Звідси випливає, що в порівнянні зі струмом споживання у звичайному режимі струм при записі зростає майже в чотири рази: $(2,2 \text{ мА} + 6 \text{ мА}) / 2,2 \text{ мА} = 3,7$. Цикл запису, згідно з описом МК, триває 8,5 мс, тобто. майже цілий напівперіод (10 мс). За таких умов накопичений заряд конденсатора швидко виснажується, що призводить до зменшення напруги живлення МК та зразкової напруги АЦП. Візуально це виглядає як одночасне короткочасне моргання лампи через кілька секунд після закінчення регулювання яскравості (ефект помітний при рівні яскравості вище середнього).

Код програми побудований таким чином, що цикли запису в EEPROM йдуть один за одним через кожні 10 мс. Якщо налаштування яскравості припиняється одночасно для двох каналів, запис у пам'ять триватиме на 8,5 мс більше. За 1,5 мс (10 мс – 8,5 мс) конденсатор не встигне повністю зарядитися,

відповідно, напруга опуститься ще нижче, і моргання лампи буде ще помітнішим, особливо при зниженій напрузі мережі.

Оскільки заздалегідь невідомо, за якої амплітуди пульсацій моргання стає помітно (а саме до амплітуди пульсацій прив'язана формула [6]), конденсатор підбирається експериментально.

Номінал 1000 мкФ дозволяє усунути моргання після закінчення регулювання яскравості одного каналу, і зробити моргання майже непомітним після одночасного закінчення яскравості обох каналів. Подальшому підвищенню ємності конденсатора перешкоджають малі габарити пристрою.

Звичайно, можна було організувати затримку між послідовними записами EEPROM. Проте збільшення часу виконання основної програми рахунок додавання коду, у разі не виправдано. По-перше, мала ймовірність того, що обидві кнопки будуть відпущені одночасно, причому на рівні яскравості вище середнього для обох ламп. По-друге, невелика ймовірність того, що напруга в мережі впаде до 198 В. Нарешті, по-третє, ефект моргання занадто мало помітний, щоб приділяти цьому увагу.

На функціонуванні ДОП велика величина ємності не відбивається, т.к. у його описі сказано, що допустиме ємнісне навантаження будь-якого номіналу.

Після підключення пристрою до мережі, щоб на початок основного циклу програми напруга живлення МК встигла стабілізуватися на номінальному рівні, потрібно організувати затримку старту. Якщо цього зробити, то внаслідок заниженого опорного напруги АЦП порушиться плавність автоматичного включення каналів.

Враховуючи пряму залежність частоти внутрішнього RC-генератора МК від напруги живлення, а також похибка вимірювань, було обрано затримку із запасом, що дорівнює 4 секундам. Частина цієї затримки забезпечується внутрішніми вузлами МК Power-on Reset та Brown-out Detection (BOD, супервізор живлення). Решта частина реалізована програмно.

Згідно з описом МК, АЦП розрахований на обробку низькоомних сигналів (10 кОм і менше). Тому для нижнього плеча дільника напруги виберемо номінал рівний 9,1 кОм, щоб передбачити 5% допуск опору.

Для обчислення мінімального опору верхнього плеча дільника скористаємося стандартною формулою:

$$U_{вих} = (U_{вх} \cdot R_2) / (R_1 + R_2). \quad (2.6)$$

$$\text{Звідси: } R_1 = ((U_{вх} - U_{вих}) \cdot R_2) / U_{вих} \quad (2.7)$$

Введемо коефіцієнт $K_{ВХ}$, що визначає максимальне відхилення напруги:

$$R_1 = ((U_{вх} \cdot K_{ВХ} - U_{вих}) \cdot R_2) / U_{вих} \quad (2.7,а)$$

Оскільки нас цікавить повний розмах напруги, перепишемо формулу з урахуванням амплітудного значення:

$$R_1 = ((U_{вх} \cdot K_{ВХ} \cdot 1,41 - U_{вих}) \cdot R_2) / U_{вих}. \quad (2.7,б)$$

Врахуємо падіння напруги на двох діодах діодного мосту:

$$R_1 = ((U_{вх} \cdot K_{ВХ} \cdot 1,41 - 2 \cdot U_{д} - U_{вих}) \cdot R_2) / U_{вих} \quad (2.7,в)$$

Падіння напруги на запобіжнику враховується, т.к. воно становить всього 0,2 при максимальному навантаженні.

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

$$R_1 = ((U_{вх} \cdot K_{ВХ} \cdot 1,41 - 2 \cdot U_{д} - U_{вих}) \cdot R_2 \cdot K_{r2}) \cdot K_{r1} / U_{вих} \quad (2.7, г)$$

Переходимо до підстановки чисельних значень.

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

Як значення U_d беремо мінімальне падіння напруги, т.к. у цьому випадку опір резистора R_1 буде більшим. Мінімальне падіння напруги на діодах моста буде за мінімального струму, тобто. при вимкненому навантаженні. Судячи з графіка з опису діодного моста, падіння напруги на одному елементі при струмі навантаження 10 мА дорівнює приблизно

$$U_d = 0,65 \text{ В}$$

Завдяки використанню конденсатора, що фільтрує, великої ємності, пульсаціями БП можна знехтувати. Тому мінімальна напруга живлення МК визначається мінімальною напругою стабілізації ДОП, що, згідно з описом останнього, дорівнює

$$U_{вих} = 5 - 1\% = 4,95 \text{ В}$$

Стандартний допуск на відхилення опорів резисторів дорівнює

$K_r = 5\%$. Потрібно передбачити ситуацію, коли опір R_2 (R_3 за схемою) буде більшим, т.к. при цьому $U_{вих}$ теж збільшиться. Це, як було зазначено раніше, може призвести до невірного результату виміру. Тому приймаємо $K_{r2} = 0,95$. З опором R_1 (R_4 за схемою) ситуація протилежна - важливо враховувати зменшення опорів. Тому $K_{r1} = 1,05$.

Підставляючи чисельні значення формулу, отримуємо:

$$R_1 = ((220 \cdot 1,1 \cdot 1,41 - 2 \cdot 0,65 - 4,95) \cdot 9,1 \cdot 10^3 \cdot 0,95) \cdot 1,05 / 4,95 = = \\ (334,97 \cdot 8,65 \cdot 10^3) \cdot 1,05 / 4,95 = 3042,37 \cdot 10^3 / 4,95 = 614,6 \cdot 10^3 \text{ (Ом)}.$$

Найближчим опором стандартного ряду, що перевищує отримане значення, є номінал 620 кОм.

Оскільки падіння напруги на резистори верхнього плеча дільника може досягати $242 \cdot 1,41 = 341$ (В), резистор повинен мати потужність 0,5 Вт. Як було показано при розрахунку баластового резистора, на паспортну потужність можна орієнтуватися лише тоді, коли опір резистора більший за критичний. Для резистора серії С2-23 потужністю 0,5 Вт критичний опір $R_k = 3502/0,5 = 245$ (кОм), що майже втричі менше ніж 620 кОм. Значить, потужність резистора 0,5 Вт у разі обрана правильно.

к) Вихідний каскад

Навантаження комутується N-канальними MOSFET транзисторами VT1 та VT2. Особливістю схеми є відсутність драйвера, що відповідно до вимог проекту зменшує кількість використовуваних компонентів. Транзистори управляються безпосередньо виходами МК.

Як з'ясувалося, при напрузі на затворі 5 і потужності навантаження 60 Вт канал транзистора майже повністю відкривається, навіть незважаючи на досить високий опір резистора в ланцюга затвора. Так відбувається завдяки тому, що струм навантаження (близько 0,25 А) становить величину приблизно в 20 разів меншу за максимально допустимий струм стоку транзистора. За таких умов падіння напруги на переході стік-витік транзистора становить менше 1 В, що не призводить до помітного зниження максимальної яскравості лампи.

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

Відсутність драйвера може призвести до мимовільного увімкнення транзистора у разі різкого сплеску напруги на стоку. Цей ефект, відомий під назвою $CdV dt$ turn-on, викликаний наявністю ємності між затвором і стоком (ємність Міллера). Іноді повернути транзистор в нормальний режим роботи

Оскільки такі ситуації короточасні та малоймовірні, резистори затвор-витік не використовуються, тому на схемі не показані.

Транзистори

Для того щоб транзистор був придатний для використання в даному пристрої, він повинен мати наступні характеристики:

- струм стоку – не менше 6 А, типовий опір каналу – не більше 1 Ом;
- напруга сток-витік – не менше 600 В;
- двосторонній обмежувач напруги на затворі – ϵ ;
- максимальна гранична напруга затвор-витік - менше 5 В;
- графік залежності струму стоку від напруги на затворі – нормований для напруги затвора 5 або менше. Те саме відноситься до графіка залежності струму стоку від напруги сток-витік.

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

$$T_{ja} = P R_{th} = R I^2 R_{th} + 25 \text{ } ^\circ \text{C} , \quad (2.8)$$

де R - опір каналу стік-витік; I - Струм навантаження; R_{th} – тепловий опір транзистора (корпус-довкілля).

Оскільки частота перемикавання транзистора вбирається у 100 Гц, його динамічні втрати малі, на нагрівання впливають, і у формулі не враховуються.

З формули випливає, що транзистор повинен мати якнайменше значення теплового опору. Вибраний транзистор має корпус практично ідентичний корпусу TO220, і має відносно невисокий тепловий опір ($62,5^\circ\text{C}$).

З причини, зазначеної далі в розділі Захист від перевищення напруги мережі, транзистор повинен бути розрахований на напругу сток-виток не менше 600 В. Крім цього, у разі обриву захисного діода транзистор не вийде з ладу при аварійному підвищенні напруги мережі аж до $380 \text{ В} \pm 10\%$.

За результатами вивчення продукції основних виробників MOSFET транзисторів (Infineon, International Rectifier, Ixys, Fairchild, NEC, NXP, ON Semiconductors, Renesas, Toshiba, Vishay) з'ясувалося, що вбудований обмежувач напруги на затворі є тільки у транзисторів фірми Toshi . Слід зазначити, що рекомендація ґрунтується лише на вивченні описів транзисторів. Зокрема, може знадобитися підбір резистора в затворі.

Теоретично у пристрої можна застосувати і транзистори IGBT. Однак знайти такі екземпляри, які б задовольняли всім вищепереліченим вимогам, не вдалося. Крім того, MOSFET транзистори, як правило, дешевші. На жаль, так звані logic level транзистори, керовані цифровими рівнями сигналів і відповідні за іншими параметрами, зокрема розраховані на напругу 600 В, поки не існують.

л) Резистори в ланцюзі затвора

Опір резисторів R5 і R6 впливає на такі фактори:

- захист виходу МК від кидка струму при перезарядці вхідної ємності транзистора (що більший опір, тим менший струм) ;
- захист виходу МК від перевищення напруги на затворі, що виникає через ємність Міллера (що більший опір, тим краще захист);
- ступінь нагріву транзисторів (що менше опір, тим менше нагрівання);
- рівень перешкод радіо- та ГЧ-приймання, а також в електромережі (що більший опір, тим менший перешкод);
- силу дзвону ниток ламп розжарювання (що більший опір, тим менший дзвін).

Вплив опору на струм споживання, а також на падіння напруги на переході стік-витік транзистора через малі величини не враховується

Аналізуючи перелічені фактори, приходимо до очевидного висновку, що загалом чим більше опір, тим краще. Проте надто його збільшувати теж не можна – це призведе до нагрівання транзистора.

Для початку з'ясуємо мінімально допустимий опір резистора в ланцюзі затвора. Воно визначається безпечним рівнем струму виходу МК під час

перезарядки ємності затвора транзистора. У цей момент вихід МК виявляється короткочасно замкненим на землю. Враховуючи струм виходу за описом МК 20 мА та напруга живлення 5 В, за законом Ома отримуємо мінімально допустимий опір 250 Ом.

Тепер спробуємо визначити номінальний опір резистора з погляду обмеження напруги на висновку МК. В описі МК сказано, що рівень безпечного струму, що протікає через внутрішні діоди, становить 1 мА. Максимально допустима напруга на затворі транзистора, вказана в його описі, становить ± 30 В. Вбудований транзистор двосторонній обмежувач не дозволяє напругі перевищити цю величину. Отже, щоб забезпечити безпечний струм через внутрішні діоди МК буде потрібний опір $R = 30/0,001 = 30$ кОм. При такому високому опорі ланцюга затвора збільшиться опір каналу сток-исток. Це призведе до зменшення яскравості лампи та нагрівання транзистора. Отже, вибирати опір за цим критерієм не можна. Крім того, як було зазначено раніше, навряд чи в побутовій електромережі зустрінуться ситуації, що викликають значне підвищення напруги на затворі.

Залишається вибирати опір, орієнтуючись на ступінь нагріву транзистора, рівень перешкод та силу дзвону нитки лампи. Два останні фактори вимагають високого опору резистора, а перший низький. Виходить, що опір треба обирати як компроміс.

Слід зазначити, що крім неприємного дзижчання, дзвін нитки лампи різко скорочує її ресурс. Тестування ламп різних виробників на мінімальний рівень дзвону нитки дозволило розташувати їх у наступному порядку переваг: Osram, Philips, General Electric. Внаслідок цього вибір зупинився на матових лампах Osram Classic B FR 60 230V E14/SES, 660lm, Energy index E.

м) Ланцюг захисту

Запобіжник F1 і захисний діод VD1 формують ланцюг захисту, який оберігає пристрій від виходу з ладу при короткому замиканні навантаження,

перевищення її потужності, а також при кидках напруги в мережі та аварійного підвищення її напруги до 380 В.

Запобіжник розраховується, виходячи з максимального навантаження, за стандартною формулою:

$$I = P/U. \quad (2.9)$$

Звідси $I = 2 \cdot 60/220 = 0,55$ (А). Струм споживання схеми у своїй не враховується, оскільки в порівнянні він зневажливо малий. Цілком допустимо вибрати запобіжник на 0,5А.

Для захисту чутливих напівпровідникових приладів використовується швидкодіючий запобіжник. Для вітчизняного запобіжника серії ВП2Б-1В час спрацьовування при перевищенні номінального струму в 2,75 рази дорівнює 1 секунді. Запобіжники з уповільненим часом спрацьовування (у керамічному або скляному корпусі) при виході з ладу видають різкий і гучний звук, залишаючи на платі (або на стіні) чорну пляму. Вибір зроблено користь керамічного корпусу, т.к. Скляні корпуси при спрацьовуванні іноді розсипаються.

Використовувати сучасні полімерні запобіжники в даній схемі неможливо через їх сильне нагрівання і невисоку швидкість спрацьовування. Наприклад, для запобіжника LB600LV час спрацьовування при навантаженні струму 3 А становить 36 секунд.

Захист від короткого замикання навантаження та перевищення її потужності

Можливі два варіанти короткого замикання: при вимкненому навантаженні та при увімкненому навантаженні.

У першому випадку струм зростає повільно, т.к. навантаження завжди включається при нульовій напрузі в мережі, і яскравість лампи завжди плавно збільшується. Оскільки в пристрої застосований запобіжник, що швидко діє, він встигає перегоріти, захищаючи інші елементи схеми.

					КвРАКІТ.2020031.01.11 ПЗ	40
		№ докум.	Підпис			

У другому випадку струм миттєво зростає настільки, що запобіжник не встигає захистити чутливий до перевантажень транзистор. В результаті транзистор виходить з ладу першим. Теоретично це свідчить, що транзистор може витримати перевантаження, що виникає, якщо лампа перегорить під час роботи, т.к. Струм при цьому досягає кілька десятків ампер.

Коротке замикання ланцюга живлення +5 У пристрої не страшні, т.к. у разі роль обмежувача струму грає баластний резистор.

При підвищеній потужності навантаження пристрій поводить ся так само, як у разі короткого замикання при вимкненому навантаженні.

Встановлено, що з виході з ладу транзистора всі його висновки виявляються замкнутими між собою. Оскільки в цьому випадку на затворі буде потенціал землі, вживати додаткових заходів щодо захисту виходів МК не потрібно.

Захист від перевищення напруги в мережі

Для захисту від високовольтних перешкод, що виникають в електричній мережі, наприклад, при грозових розрядах, застосовується двосторонній напівпровідниковий обмежувач напруги – захисний діод. У порівнянні з варисторами захисні діоди мають більш високу швидкодію, що дозволяє використовувати їх для запобігання високочутливих напівпровідникових приладів, до яких, зокрема, належать і мікроконтролери. Крім того, на відміну від варисторів, їх характеристики не погіршуються з часом.

Захисний діод встановлюється паралельно входу пристрою безпосередньо за запобіжником. Висновки захисного діода є тепловідведенням. Згідно з описом, довжина кожного виводу має становити 10 мм.

Якщо протягом певного часу струм через захисний діод перевищуватиме струм спрацьовування запобіжника, останній перегорає, захищаючи пристрій. Чим більше перевищення струму, тим швидше спрацює запобіжник. Як зазначалося, застосований у схемі швидкодіючий запобіжник має час спрацьовування 1 сек. при перевищенні номінального струму 2,75 раза.

Якщо потужність високовольтного імпульсу буде більше потужності захисного діода (наприклад, при аварійному підвищенні напруги до 380 В), захисний діод може вийти з ладу. При цьому висновки захисного діода виявляться замкнутими коротко, що призведе до перегорання запобіжника. Інші елементи схеми залишаться непошкодженими. У разі відновлення працездатності пристрою потрібно замінити і запобіжник, і захисний діод.

При вплив високовольтного імпульсу напруга на вході діодного мосту не перевищить максимальну напругу обмеження захисного діода.

Напруга обмеження захисного діода залежить від тривалості імпульсу, і для зазначеного на схемі типу становить 548 для 1000 мкс і 706 для 20 мкс. У більшості випадків, описаних у, при виборі захисного діода слід керуватися напругою, яка відповідає тривалості імпульсу 1000 мкс. Тому вважатимемо, що напруга на вході діодного мосту, за жодних обставин не перевищить поріг 548 ст.

Тепер проаналізуємо, чи компоненти пристрою витримують напругу обмеження 548 В. Лампи і запобіжник не враховуються, т.к. їх вихід з ладу не є фатальною несправністю та легко усувається заміною. Також можна не враховувати баластний резистор і резистор верхнього плеча дільника напруги, оскільки високовольтні та вуглецеві (film) резистори добре переносять короткочасні (до 5 секунд) навантаження, що перевищують номінальну напругу в 1,5 та 2,5 рази відповідно [5]. Довготривалого навантаження у разі нічого очікувати, т.к. спрацює запобіжник.

Діодний міст і транзистори розраховані на 600 В. Як було показано раніше при розрахунку баластного резистора, при напрузі 548 струм через ДОП не перевищить 7 мА, що на 5 мА менше його максимального робочого струму 12 мА. Струм внутрішніх діодів МК при опорі верхнього плеча дільника напруги 620 кОм не перевищить $I = 548/620000 = 0,88$ мА, що вкладається в допустиму межу 1 мА.

Таким чином, підвищення напруги мережі до рівня обмеження захисного діода не призведе до виходу з ладу елементів схеми.

н) Розрахунок споживаної потужності

Як випливає з аналізу принципової схеми, споживаний струм складається з наступних складових: струм діляника напруги I_d , струм стабілітрона $I_{ст}$, і струм навантаження блоку живлення I_n . Через малі величини, зворотні струми захисного діода, випрямного мосту, транзисторів, а також струми витоку конденсаторів не враховуються. Отже,

$$P = U_{вх} \cdot (I_d + I_{ст} + I_n). \quad (2.10)$$

Струм діляника напруги визначимо за законом Ома з урахуванням падіння напруги на діодах випрямного мосту:

$$P = U_{вх} \cdot (((U_{вх} - U_d) / R_d) + I_{ст} + I_n). \quad (2.11)$$

Для розрахунку струму стабілітрона та струму навантаження перетворимо формулу (2.4), використану при розрахунку баластового резистора, на вигляд:

$$I_{ст} + I_n = (U_{вх} - 2 \cdot U_d - U_{ст}) / R_b. \quad (2.12)$$

З урахуванням коефіцієнта, що враховує відхилення опорів резисторів, кінцева формула матиме вигляд:

$$P = U_{вх} \cdot [((U_{вх} - 2 \cdot U_d) / R_d \cdot K_r) + ((U_{вх} - 2 \cdot U_d - U_{ст}) / R_b \cdot K_r)] \quad (2.13)$$

Розрахуємо максимальну потужність, що споживається пристроєм в режимі очікування, при номінальній напрузі мережі $U_{вх} = 220$ В і мінімальній напрузі стабілізації $U_{ст} = 4,95$ В.

Падіння напруги на діоді випрямного мосту $U_d = 0,65$ Ст.

Загальний опір ділянки напруги визначається сумою послідовно включених опорів:

$$R_D = 620000 + 9100 = 629100 \text{ (Ом)}.$$

За аналогією:

$$R_B = 30000 + 30000 = 60000 \text{ (Ом)}.$$

Відхилення номіналів резисторів 5%, тобто $K_r = 0,95$.

Підставляємо дані у формулу (2.13):

$$\begin{aligned} P &= 220 \cdot [((220 - 2 \cdot 0,65) / 629100 \cdot 0,95) + \\ &+ ((220 - 2 \cdot 0,65 - 4,95) / 60000 \cdot 0,95)] = \\ &= 220 \cdot [0,00037 + 0,0038] = 0,92 \text{ (ВА)}. \end{aligned}$$

Споживаний пристроєм струм від мережі в режимі очікування при номінальній мережній напрузі, становить 4,0 мА.

Звідси $P = 220 \cdot 0,004 = 0,88 \text{ ВА}$, що знаходиться в межах розрахованої величини.

Оскільки в режимі очікування пристрій являє собою суто активне навантаження, активна потужність в даному випадку еквівалентна повній потужності: $P = 0,92 \text{ ВА} = 0,92 \text{ Вт}$.

Цікаво відзначити, що зі збільшенням яскравості каналу з мінімуму до максимуму коефіцієнт потужності (power factor) збільшується з 0,22 до 0,98.

2.5 Висновки до другого розділу

У розділі наведено розробку схем електричної структурної та електричної принципової. Приведені опис окремих елементів і їх взаємозв'язок. Проведно вибір елементів а також наведено розрахунки окремих елементів схеми.

					КвРАКІТ.2020031.01.11 ПЗ	45
		№ докум.	Підпис			

3 АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРИСТРОЮ

3.1 Розробка алгоритму управління

Програма складена та налагоджена у безкоштовному середовищі розробки VM Lab версії 3.14 (у вікні 'About Visual Micro Lab' ця версія вказана як 3.12).

Код програми написаний мовою асемблера, містить понад 1500 рядків, займає у пам'яті програм МК понад 3 КБ. Задіяно всі 32 регістри, 51 байт оперативної пам'яті (SRAM, ОЗП), 45 байт енергонезалежної пам'яті EEPROM.

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

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

Алгоритм управління показано на рис.3.4. Кожен блок починається з назви файлу, в якому розміщено програмний код блоку. Підпрограми позначені блоком меншого горизонтального розміру. У тому числі є функції, тобто. підпрограми, що повертають значення Для спрощення вони також називаються підпрограмами. Відмінність підпрограм, розміщених у файлі ProceduresINT.asm, від підпрограм у файлі ProceduresEXT.asm полягає в тому, що перші призначаються тільки для цього проекту, а другі є універсальними і можуть знайти застосування в інших проектах. Блок Startup.asm також використовує деякі підпрограми, але для спрощення сприйняття малюнка ці зв'язки на блок-схемі не показані.

3.2 Розробка програмного забезпечення мікроконтролера

Далі стисло розглянуті ключові моменти програмної частини проекту. Додаткова інформація міститься в коментарях, якими забезпечено практично кожен рядок програми. Лістинг програми та об'єктний файл наведено у Додатку А. Алгоритм роботи другого каналу повністю аналогічний алгоритму роботи першого, тому коментарі наводяться лише першого каналу. З цієї причини в назвах реєстрів, процедур тощо. номер каналу або зовсім не вказується, або позначається буквою "X" або "x". Команди, що починаються з символу коментаря (";") на початку рядка, призначені для полегшення розробки, налагодження та тестування.

Вони прискорюють хід виконання програми на етапі налагодження. Закоментовані команди, перед якими є кілька знаків пробілу, не використовуються в даному проекті, але залишені як шаблон для застосування того ж коду в інших проектах. Для підтримки сумісності символи табуляції замінені знаками пропуску.

Програма оптимізована за швидкістю, оскільки чим менше часу знадобиться для виконання коду, тим більшої максимальної яскравості можна досягти (цей взаємозв'язок докладно розглянутий далі). Особливе значення має час виконання процедури ADCSampling. Від цього залежить якість стабілізації, тобто. наскільки швидко пристрій може реагувати на коливання напруги мережі. У поточній реалізації процедура ADCSampling виконується за 21 мкс (не враховуючи часу перетворення АЦП, яку потрібно 27 мкс).

Адресний простір енергонезалежної пам'яті поділено на три області. У першій зберігаються параметри пристрою, що настраюються користувачем, у другій – системні змінні, у третій – результати діагностики. Перша область відокремлена від другої кількома порожніми осередками, значення яких дорівнюють \$FF. Третя область знаходиться наприкінці адресного простору. Так зроблено для зручності сприйняття даних у вікні симулятора VMLab, а також спрощення орієнтації у файлі EEPROM `dimmer.eep`, коли потрібно визначити параметри налаштування пристрою. Перші 16 осередків EEPROM не використовуються. Крім зручності сприйняття, це оберігає вміст першого осередку від випадкової зміни, коли регістр адреси EEPROM дорівнює нулю. Нульове значення надається цьому регістру під час ініціалізації (блок `Reset.asm`). З тієї ж причини не використовується і останній осередок EEPROM, щоб виключити зміну її вмісту, коли регістр адреси дорівнює максимальному значенню \$01FF.

З огляду на обмежену кількість циклів перезапису EEPROM (100 000 згідно з паспортними даними), у пам'яті зберігаються лише найнеобхідніші дані, а саме рівень встановленої користувачем яскравості та поточний стан пристрою.

Переривання не задіяні. Програмний код, розташований у блоці `Main.asm`, виконується у нескінченному циклі. Тим самим вдається підвищити швидкодію рахунок відмови від команди `RETI` і команд роботи зі стеком. Проте, з метою діагностики несправностей, спрацювання будь-якого переривання фіксується та запам'ятовується у EEPROM (підпрограма `WrongINT.asm`). Також з метою діагностики запам'ятовується причина, що спричинила скидання МК (блок `ResetCause.asm`). Осередки діагностики, як зазначалося, перебувають у кінці області EEPROM. Якщо значення хоча б однієї з них на відміну від нуля, це говорить про наявність несправності.

Сторожовий таймер налаштований на максимальний період спрацювання (2 секунди). Що більше інтервал, то легше помітити спрацювання таймера. Особливо це допомагає на етапі налагодження.

Супервізор живлення запрограмований на мінімальний поріг 2,7 В. Завдяки цьому забезпечується надійний запуск МК з урахуванням великої ємності конденсатора, встановленого у фільтрі живлення. Супервізор гарантує стабільний запуск незалежно від того, на який час зникне напруга в мережі.

Енергозберігаючі режими не використовуються. Це пов'язано з тим, що протягом приблизно 9,5 мс кожного напівперіоду ведеться безперервний вимір мережевої напруги, а в 0,5 мс, що залишилися, виконується основна програма. Перекладати МК в сплячий режим настільки короткий час немає сенсу. До того ж, повернення МК з будь-якого режиму сну потребує додаткових витрат часу, що позначається на швидкодії.

Виключення АЦП тимчасово виконання основний програми теж немає сенсу. Встановлено, що споживаний МК струм знижується при цьому всього на 10мкА.

Під час ініціалізації МК інтерфейс JTAG та компаратор з метою зниження енергоспоживання відключаються.

Виходи МК перемикаються одночасно. Це необхідно для того, щоб обидва канали мали рівні часові затримки та працювали однаково. З цією метою в програму введено спеціальний буферний регістр rOutChannels. Зміна стану виходів здійснюється лише командою OUT rMainOut, rOutChannels. Після старту МК буферний регістр містить копію стану порту rMainOut, більшість висновків якого, за аналогією з іншими висновками, що не використовуються, налаштовані як входи з внутрішніми підтягуючими резисторами. Тому ніякі біти регістру rOutChannels (крім двох старших) не повинні модифікуватися програмою. Також має змінитися стан порту безпосередньо, т.к. будь-яка зміна буде перезаписана вмістом буферного регістру.

АЦП, що має роздільну здатність 10 біт, використовується в режимі 8-бітного перетворення, оскільки висока точність вимірювань не потрібна. Це дозволяє йому працювати на максимальній частоті (500 кГц), що забезпечує високу швидкодію. Відповідно до [12, розділ 2.8], допускається робота АЦП на частотах до 1 МГц. Зменшена до 8 біт роздільна здатність служить також додатковим захистом від перешкод. Для скорочення кількості команд управління АЦП працює в режимі автозапуску, сигналом якому є закінчення попереднього циклу перетворення. Перше перетворення запускається під час ініціалізації МК.

Таймери не використовуються. Вони створюють перешкоди роботі АЦП. Для виключення цього явища існує спеціальний енергозберігаючий режим АЦП "ADC Noise Reduction". Але оскільки режими енергозбереження з причин, зазначених раніше, не використовуються, тимчасові затримки довелося реалізувати на основі регістрів або осередків ОЗП.

Після закінчення ініціалізації всім регістрам і осередкам ОЗП надається нульове значення (блок SRAMInit.asm). Через війну, треба пам'ятати у тому, щоб всі змінні були проініціалізовані, тобто. не містили б випадкових значень. Як наслідок, значно полегшується їхній пошук.

Після ініціалізації регістрів та ОЗП продовження програми зупиняється на кілька секунд (здійснюється програмна затримка). За цей час напруга живлення МК та зразкова напруга АЦП встигають досягти номінального рівня.

Для підвищення швидкодії задіяні осередки EEPROM копіюються перед початком роботи або регістри, або ОЗП (блок Startup.asm). У більшості випадків для цієї мети використовується спеціальний макрос EEPROMtoSRAM, що знаходиться у файлі Macros.asm (на блок-схемі алгоритму не показано).

За такого підходу з'являється можливість перевірки лічених з EEPROM даних. Якщо введений користувач параметр неприпустимий, він перетворюється на найближче допустиме значення (менше або більше). Ця дія, умовно звана нормалізація, виконується не для всіх осередків, а тільки для тих, припустимі

значення яких однозначні, а також для тих, неприпустимі значення яких можуть призвести до явних помилок у роботі пристрою.

Допустимі значення комірок EEPROM, а також значення за замовчуванням вказані при описі комірок у коментарях (блок Dimmer.asm). Значення деяких осередків навмисне обмежені діапазоном, зручним для сприйняття та запам'ятовування. Наприклад, тривалість увімкненого стану функції ППГ, що задається осередком eOwnersAtHomeOnPeriod, обмежена значенням 240 хвилин, хоча функція могла б справно працювати і при eOwnersAtHomeOnPeriod = 255. Однак значення 240 хвилин (4 хвилин) більше 5 25 годин).

Однією із завдань ініціалізації є одноразове вимірювання напруги мережі. Оскільки заздалегідь неможливо передбачити, в який момент часу світильник буде підключений до мережі, результатом цього вимірювання є випадкове число, яке використовується далі в підпрограмі генератора псевдовипадкових чисел як точка відліку seed (Procedures.EXT.asm).

Перед тим як передати керування основному блоку програма визначає, у якому стані перебував пристрій перед вимкненням живлення. Залежно від результату встановлюються ті чи інші прапори, які повідомляють основну програму про те, які дії необхідно вжити. Наприклад, якщо в момент зникнення напруги мережі був включений перший канал, то після відновлення електропостачання він включиться автоматично (якщо це було попередньо дозволено користувачем в налаштуваннях пристрою).

Як зазначалося, код основного блоку Main.asm виконується в нескінченному циклі. Так як детектування переходу напруги через нуль здійснюється в кожному напівперіоді, цикл Main.asm повторюється кожні 10 мс.

Перша команда основного блоку – скидання вартового таймера. Слід зазначити, що це єдине місце у всій основній програмі, де здійснюється скидання вартового таймера.

Спочатку для детектування моменту переходу напруги через нуль використовувався наступний алгоритм: АЦП циклічно виробляв зчитування

					КвРАКІТ.2020031.01.11 ПЗ	53
		№ докум.	Підпис			

вхідної напруги і порівнював результат перетворення із заданою константою. Як тільки відбувався збіг, подавалася команда на включення каналів і цикл завершувався. Через відсутність кварцової стабілізації тактової частоти МК, для точного виявлення моменту переходу фази мережі через нуль був потрібен підбір константи під конкретний екземпляр МК. Був альтернативний варіант: замість підбору константи здійснювати калібрування внутрішнього RC генератора. І те, й інше негативно позначалося на повторюваності пристрою. Але основна причина, що спонукала змінити алгоритм, полягала в невисокій завадостійкості. Дійсно, якщо перешкода (сплеск напруги) виникала близько до моменту переходу фази мережі через нуль, МК продовжував вимірювати вхідну напругу, чекаючи його збігу з константою. Оскільки після припинення перешкоди вхідна напруга виявлялася більше за задану константою, МК був змушений залишатися в циклі вимірювань до наступного переходу фази. Оскільки під час вимірювання напруги канали перебувають у вимкненому стані, візуально такий «простий» виглядав як моргання ламп(и), т.к. протягом як мінімум 10 мс напруги на навантаженні не було.

Змінений алгоритм ґрунтується на порівнянні не з константою, а з попереднім результатом вимірювання. Команда на включення каналів подається тільки тоді, коли поточний результат вимірювання стає більшим за попередній. У розглянутому прикладі МК детектуватиме перешкоду як напруга, що перевищує попереднє. Це призведе до миттєвого виходу з циклу, що візуально практично не помітно. У звичайному режимі (без впливу перешкод) МК здійснить вихід із циклу, як тільки мережева напруга змінить напрямок з спадного на зростаюче, тобто. відразу після переходу напруги через нуль.

Таким чином, відпадає необхідність у кварцовому резонаторі, калібруванні внутрішнього генератора та калібруванні АЦП. Також не потрібна додаткова константа та налаштування пристрою під конкретний екземпляр МК.

Похибка нового алгоритму неважко підрахувати. Для визначення моменту, коли мережна напруга почала зростати, достатньо двох вимірів. Час одного

перетворення АЦП становить 27 мкс (див. розділ Вибір_константи_cADCSamplesCount). Час на обробку отриманого результату (перші 5 команд процедури PhaseDetect) складе у найгіршому випадку 8 мкс. Значить, максимальна похибка дорівнює $27+27+8=62$ мкс. Відповідно до формули $U = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$, за такої затримки миттєва напруга в мережі буде знаходитися на рівні $U = 310 \cdot \sin(2 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 62 \cdot 10^{-6}) = 12$ (щодо номінальної мережевої напруги).

Включення з інтервалом 10 мс лампи потужністю 60 Вт з опором нитки 882 Ом при нарузі 12 В створить струм $12 / 882 = 14$ мА. Такий малий струм не здатний помітно вплинути на скорочення терміну служби лампи, створити перешкоди тощо.

Зважаючи на розгалуженість алгоритму основної програми його наочне зображення у графічному вигляді не наводиться, т.к. буде важко для сприйняття. Окремі процедури основної програми описані далі. Полегшити розуміння логіки роботи покликані коментарі до програмного коду.

Функція ІПГ (Імітація Присутності Господарів) використовує як лічильник часу у включеному та вимкненому стані окрему процедуру. Наявну процедуру TurnOffTimeoutCh1 використовувати не можна. Тому є три причини. По-перше, вона суворо індивідуальна кожному за каналу. По-друге, її модифікація зажадала б надто великих зусиль (потрібна була б велика кількість умовних переходів). По-третє, якщо тривалість включеного чи вимкненого стану становить непарне число, скажімо, 3 хвилини, то довелося б ділити порівну між двома процедурами і мати справу з дробовими числами. Варіант, коли процедура виконується лише одному з каналів, теж підходить, т.к. прийнято, що програмний код обох каналів однаковий (для зручності модифікації та підрахунку часу виконання програми).

У функції ІПГ практично скрізь опитується біт лише одного (першого) каналу. Це допустимо завдяки ідентичності каналів, а також тому, що в даному режимі канали управляються синхронно.

У момент включення функції ППГ встановлюються біти ePowerState. Це зроблено на випадок зникнення напруги в момент включення. Таким чином, при відновленні напруги роботу функції буде продовжено.

У функції автовідключення відсоткове значення, яке зменшується яскравість, навмисне обмежено інтервалом від 10 до 90%. Такий діапазон добре підходить для візуального сприйняття. Крім того, зменшення яскравості і менш ніж на 10% непомітно.

Для визначення значення регістра rSoftOffBrightChX, що зберігає величину зменшеної яскравості з урахуванням заданого користувачем відсотка, для прискорення програми використовується табличний метод (таблиця PercentageTable). Для кожного заданого користувачем значення відсотка Y у таблиці знаходиться округлене число X, заздалегідь обчислене за формулою: $X = ((100 - Y) / 100) \cdot 256$. Таблиця складається з $(90 - 10) + 1 = 81$ осередку. Коли закінчується час безперервної роботи каналу, відбувається звернення до таблиці, потім поточне значення яскравості множиться на отримане таблиці число. Оскільки це число попередньо було помножено на 256 результат ділиться на 256 шляхом простого відкидання старшого байта, після чого результат округляється. Наприклад, припустимо, що поточна яскравість, тобто. число в регістрі rBrightnessChX, що дорівнює 200, а заданий користувачем відсоток зниження яскравості дорівнює 25%. Після закінчення безперервної роботи каналу програма звернеться до таблиці, в якій зсуву 25 відповідає число 192. Програма здійснить множення ($200 \cdot 192 = 38400$), розділить результат на 256 ($38400 / 256 = 150$), округлить його (в даному прикладі немає необхідності) і запише підсумок у регістр rSoftOffBrightChX. Незважно підрахувати, що вихідна яскравість 200, зменшена на 25%, дійсно дорівнює 150.

Незважаючи на уявну схожість бітів bIsChannelOn і ebPowerState, об'єднувати їх воедино не можна. Разом вони запобігають включенню каналу, якщо під час його вимкнення після закінчення безперервної роботи був збій в електромережі.

Дрібок контактів кнопок SB1 і SB2 усувається тому, що основна програма опитує їх стан кожен полуперіод, тобто. кожні 10 мс. Усуненню брязкоту також сприяє наявність внутрішнього тригера Шмітта та лінії затримки на входах МК.

Обробка стану кнопок побудована таким чином, що так звана вторинна дія не підтримується. Приклад: у вимкненому стані утримування кнопки призводить до увімкнення каналу у другому режимі. Якщо продовжувати утримувати кнопку, то після того, як канал увімкнувся, його яскравість не почне змінюватися, як це зазвичай відбувається при утримуванні кнопки та увімкненому каналі. Яскравість можна буде змінити лише після відпускання кнопки та повторного її утримання. Такий підхід більш ергономічний, до того ж він дозволяє виключити помилки, пов'язані з детектуванням натискання та утримування кнопок залежно від функції, режиму та поточного стану пристрою.

Реалізація обробника кнопок заснована на аналізі значення регістра `rButtonXHoldTime`, в якому зберігається тривалість утримування кнопки в натиснутому положенні, а також на порівнянні його значення з константою `cButtonOnHoldSense`, що визначає часовий поріг, починаючи з якого натискання на кнопку розпізнається як утримування. Цей поріг дорівнює 1 секунді. У поточній версії він визначений коді програми, тобто. не може бути змінено кінцевим користувачем.

Регістр `rButtonXHoldTime` може мати чотири значення:

- 1) `rButtonXHoldTime = 0` (кнопка не натиснута);
- 2) $0 < rButtonXHoldTime < cButtonOnHoldSense$ (кнопка натиснута);
- 3) `rButtonXHoldTime = cButtonOnHoldSense` (кнопка утримується);
- 4) `rButtonXHoldTime = 255` (кнопка залишається в натиснутому положенні після утримування).

Останнє значення сигналізує у тому, що треба дочекатися відпускання кнопки. Поки цей момент не настане, жодні дії, пов'язані з обробкою стану кнопки, не виконуються.

3.3 Особливості підключення і програмування мікроконтролера

Незважаючи на те, що напруга живлення схеми становить 5, використовуваний МК U1 має індекс L, що означає можливість роботи при напрузі живлення від 2,7 до 5 В. Це пов'язано з великою ємністю конденсатора, що фільтрує, тобто. з плавним наростанням напруги живлення при підключенні пристрою до мережі.

Поріг вбудованого в МК супервізора живлення виставлений відповідно до опису на 2,7 В. Якщо цей поріг зробити рівним 4,0 В, або використовувати звичайний МК (без індексу L) з порогом 4,0 В, або взагалі відмовитися від вбудованого супервізора, Деякі екземпляри МК можуть не запуснитися, особливо при мінімальній напрузі мережі 198 В. Використовувати ж звичайний МК з порогом 2,7 В не можна, т.к. це може призвести, зокрема, до спотворення даних EEPROM, якщо під час збереження інформації відключиться живлення.

МК тактується внутрішнім RC генератором на частоті 1 МГц. Цього достатньо, щоб отримати середній час виконання основної програми близько 0,5 мс. Тут важливо пам'ятати, що підвищення тактової частоти збільшує струм споживання. Стабілізувати частоту кварцовим чи керамічним резонатором непотрібен, т.к. у цьому застосуванні висока точність не потрібна. Також не потрібне калібрування внутрішнього генератора.

Виробник МК рекомендує вжити таких заходів під час роботи з АЦП:

- встановити між виведенням REF і загальним проводом конденсатор, що фільтрує;
- поєднати висновок AGND з аналоговою землею;
- використовувати LC фільтр живлення в ланцюгу AVCC;
- при вимірі не перемикає висновки АЦП порту, якщо вони налаштовані як цифрові виходи.

Оскільки висока достовірність результату вимірювання не потрібна, то з метою спрощення схеми вищезазначені заходи не дотримуються. Калібрування

- бажана установка високоомних резисторів (порядку 100 кОм) між затворами та витокami транзисторів щоб не допустити їх можливого перегріву, а також виходу з ладу через мимовільне відкривання та збільшення опору каналу, викликаного тим, що під час програмування висновки МК знаходяться у високо .

Тому найкращим варіантом, можливо, виявиться запрограмувати МК до встановлення у схему.

Стан ф'юзів МК відповідає значенням за замовчуванням, за винятком запрограмованого ф'юза BODEN, що дозволяє використання вбудованого супервізора живлення (Рисунок 3.2).

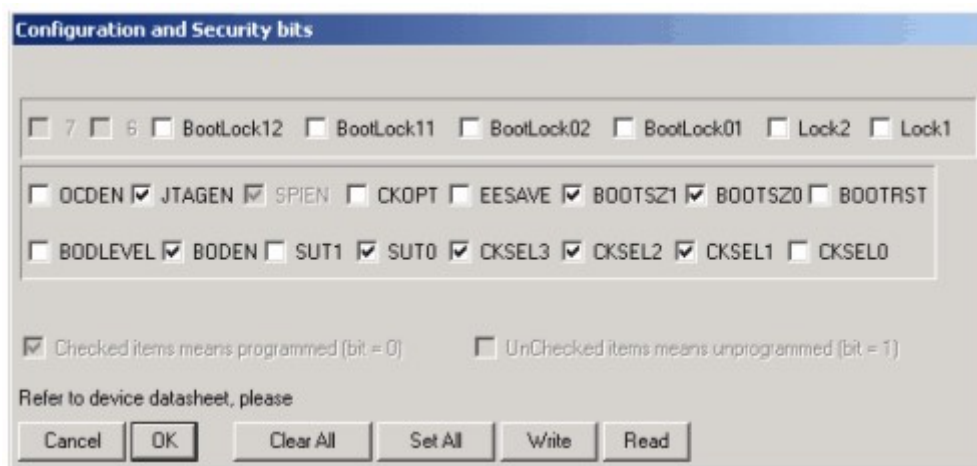


Рисунок 3.2 - Програмування ф'юзів МК

Раніше зазначалося, що МК із незадіяним супервізором живлення може не запуснитися. Щоб обійти це обмеження та мати можливість запрограмувати ф'юз, слід після появи напруги живлення короткочасно з'єднати висновок Reset МК із загальним дротом.

Рекомендується використовувати програматор - avrdude. Зокрема він входить до складу безкоштовного середовища розробки WinAVR.

Не показані на схемі виводи МК нікуди не підключено.

3.4 Висновки до третього розділу

У розділі проведено розробка алгоритму роботи програми пристрою. Описано етапи роботи програми. Показано шляхи прийняття рішень при створенні програми.

Наведено особливості програмування мікроконтролера. Вказані на важливі моменти під час програмування і «прошивки» мікроконтролера.

					КвРАКІТ.2020031.01.11 ПЗ	62
		№ докум.	Підпис			

ВИСНОВКИ

У процесі виконання роботи розроблено пристрій автоматичного регулювання світла на мікроконтролері. Актуальністю даної теми було те, що в процесі проектування ставилося завдання спроектувати пристрій, який не мав би аналогів і відрізнявся новизною, простотою та дешевизною.

Був розроблений світильник, який усунув майже всі недоліки подібних пристроїв, що раніше існували, чим у свою чергу покращив показники за санітарними, енергозберігаючими і пожежобезпечними нормами.

У схожих конструкціях спостерігається дзижчання дроселя і дзвін ниток ламп, досить високий нагрівання корпусу при максимальній яскравості свічення освітлювальних ламп, велике споживання електроенергії, відсутність додаткових функцій.

У процесі розробки було вивчено вітчизняні та зарубіжні джерела інформація мережі Інтернет, технічні характеристики та принцип дії пристроїв-аналогів.

У процесі розробки було складено алгоритм управління, програмне забезпечення мікроконтролера, зроблено розрахунок елементів електричної схеми, згідно з довідковими даними.

ДОДАТОК А ПРОГРАМНИЙ КОД

/******

Date : 05.03.2024

Керування лампою розжарювання.

*****/

#include "90s2313.h"

#include "delay.h"

#define red PORTD.4

#define green PORTD.5

#define number_of_impuls 63 //64 - max

#define udervanie 1563

#define ofa_min 0x80

#define ofa_max 0xE8

#define kn_plus PIND.0;

#define kn_minus PIND.6;

unsigned char s_reg;// сховище SREG

unsigned char ofa;// відсікання фази -> ofa_min <= ofa <= ofa_max

unsigned char mode;//режим роботи програми обробки ДУ.

bit infra, infra_old; // поточне, попереднє значення сигналу з ПДУ

bit second_half_period;//для подвійного проходу з переривання timer1.

bit ir_plus, ir_minus, ir_plus_old, ir_minus_old;// натискання на ПДК "+", "-"

bit closed; // йде обробка отриманого сигналу ПДУ; не потрібно перериватися за

OVF_timer0

unsigned char num;//

bit on_new, on_old, off_new, off_old; // біти стану кнопок .

bit enable_count;

bit error;//Визначення ідентичності посилки

bit ir_p_otp, ir_m_otp; // Відпускання кнопки ДУ

```

unsigned int timer _ ofa ;//таймер затримки зміни ofa ;
eeprom unsigned char pusto[1];
eeprom unsigned char plus[number_of_impuls];
eeprom unsigned char minus[number_of_impuls];
unsigned char serial[number_of_impuls];
flash unsigned char copyright[]="AMAR T0260";
unsigned int tic ;// відлік секунд
unsigned int clock;// відлік часу
bit second;// прапор секунди
bit in_home;// прапор " господар вдома
#include "infrared.c"
void write(eeprom char *kuda)
{
for(num=0; num<number_of_impuls; num++) kuda[num]=serial[num];
mode = 7;
num = 0;
serial [0] = 0;
}
void verify(unsigned char temp)
{
if((serial[num]<(temp-temp/4)) || (serial[num]>(temp+temp/4))) error=1;
}
void infrared(void)
{
static unsigned int zader;
static unsigned char prop;
unsigned char temp;
if(zader)//чекаємо закінчення прийому сигналу
{

```

```

    if(infra_old==1 && infra==1)
        {
            if(--zader)return;
            ir_minus=ir_plus=0;
            return;
        }
    zader = udervanie;
    return;
}
if(!prop)
    {
        if(!infra) goto rc5_fr;
        return;
    }
if(prop < 7)
    {
        if(infra_old)
            {
                if(infra) goto rc5_count;
            }

else
        {
            if (! infra )
                {
rc5_count:        if(++serial[0] > 250) prop=0;
                    return;
                }
        }
}

```

```

        if(serial[0] > 0x14) ++prop;
rc5_fr:    ++prop;
        serial [0] = 0;
        return;
    }
if(infra_old != infra)
    {
    ++num;
    serial [num] = 0;
    return;
    }
//infra_old == infra
if(num<number_of_impuls && serial[num]<255) ++serial[num];
else//перевірка отриманої послідовності
    {
    closed=1;
    prop = 0;
    switch(mode)
        {
        case 5:
            write(plus);
            break;
        case 6:
            write(minus);
            break;
        default:
            error = 0;
            for(num=0; num<number_of_impuls-1; num++)
                {

```

```
temp = plus [num];  
if(temp==0xFF) break;  
verify ( temp );  
}
```

```
if (! error )
```

```
{  
ir_plus=1;  
ir_minus = 0;  
}
```

```
error = 0;
```

```
for(num=0; num<number_of_impuls-1; num++)
```

```
{  
temp = minus [num];  
if(temp==0xFF) break;  
verify (temp);  
}
```

```
if(!error)
```

```
{  
ir_plus=0;  
ir_minus=1;  
}
```

```
if(ir_plus || ir_minus) zader=udervanie;
```

```
// очищення масиву і змінної num
```

```
num=number_of_impuls;
```

```
while(num) serial[--num]=0;
```

```
break;
```

```
}
```

```
}
```

```

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

```

```

        clock = 0;
    }
    else zader++;
    return;
}
// утримуємо "-"
if(on_old && !off_old && on_new && !off_new || (ir_minus && !in_home))
{
    if(zader>=press_time)
    {
        mode=1;// повільно знижувати яскравість
        in_home=0;
    }
    else zader ++;
    return ;
}
// утримуємо "+"
if(!on_old && off_old && !on_new && off_new || (ir_plus && !in_home))
{
    if(zader>=press_time)
    {
        mode=2;// повільно підвищувати яскравість
        in_home=0;
    }
    else zader++;
    return;
}
// відпускаємо "-"

```

```
if(on_old && !off_old && on_new && off_new && (mode!=5) && (mode!=6) ||
ir_m_otp)
    {
    ir_m_otp=0;
    if(zader<press_time)
        {
        mode =3;//ШВИДКО ВИМКНУТИ
        in _ home = 0;
        ofa=ofa - (ofa - ofa_min)/4;
        }
    return;
    }
// відпускаємо "+"
if(!on_old && off_old && on_new && off_new && (mode!=5) && (mode!=6) ||
ir_p_otp)
    {
    ir_p_otp=0;
    if(zader<press_time)
        {
        mode=4;//ШВИДКО УВІМКНУТИ
        in_home=0;
        }
    return;
    }
// натискання "+"
if(on_old && off_old && !on_new && off_new)
    {
    enable _ count = 1;
```

```

if (++press_plus > 7)
    {
        mode=5; // режим запам'ятовування посилки ДК "+"
        goto l1;
    }
return;
}

// натискання "-"
if(on_old && off_old && on_new && !off_new)
    {
        enable_count=1;
        if(++press_minus > 7)
            {
                mode=6; // режим запам'ятовування посилки ДУ "-"
l1:
                clock = 0;
            }
        return;
    }

//
if(enable_count) ++press_key;
if(press_key > press_time*2)
    {
        enable_count=0;
        press_key=0;
        press_plus=0;
        press_minus=0;
    }

```

```
//якщо при повільному зміні яскравості нічого не натиснуто, зупинити зміну  
яскравості.
```

```
if(mode==1 || mode==2) mode=7;
```

```
// обнулюємо лічильник
```

```
zader = 0;
```

```
}
```

```
#include "faza.c"
```

```
//=====
```

```
// Обробка переривання від позитивного перепаду напівхвилі.
```

```
//=====
```

```
# pragma savereg -
```

```
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
```

```
{
```

```
s_reg=SREG;
```

```
#asm
```

```
    PUSHR30
```

```
# endasm
```

```
second _ half _ period =0; // Передумовка на подвійну обробку переривання timer
```

```
1.
```

```
TCNT 1 H = 0 xFF ; // Витримка timer 1
```

```
TCNT 1 L = ofa ;
```

```
TIMSK = 0x82; // дозвіл переривання по переповненню timer1.
```

```
#asm
```

```
    POPR30
```

```
#endasm
```

```
SREG = s_reg;
```

```
}
```

```
#pragma savereg+
```

```
#include "timer0.c"
```

```

//=====
// Обробка переривання таймера0.
//=====

#pragma savereg-
interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
if(closed) #asm("RETI");
//зберігаємо використовувані регістри
#asm
    PUSHR24
    PUSHR25
    PUSHR26
    PUSHR27
    PUSHR28
    PUSHR29
    PUSHR30
    PUSHR31
    INR30,SREG
    ORI R 30,0 x 80
    PUSH R 30
# endasm
// опитаємо пульт ДК
infra _ old = infra ;
infra=PINB.0;
if(ir_plus_old && !ir_plus && !in_home && (mode!=1) && (mode!=2)) ir_p_otp=1;
if(ir_minus_old && !ir_minus && !in_home && (mode!=1) && (mode!=2))
ir_m_otp=1;
ir_plus_old=ir_plus;
ir_minus_old=ir_minus;

```

```
// дозволяємо переривання
# Asm ("SEI");
// обробимо пульт ДК
infrared();
//опитуємо кнопки
keyboard();
if(++tic>=7813)//чекаємо 0,5сек
{
    tic=0;
    clock++;//0 to 4294967295
    second=~second;
}
// Відновлюємо використані регістри та повертаємося.
#asm
    POPR30
    OUTSREG,R30
    POPR31
    POPR30
    POPR29
    POPR28
    POPR27
    POPR26
    POP R 25
    POP R 24
# endasm
closed = 0;
#asm
    RET
#endasm
```

```

}
#pragma savereg+
#include "timer1.c"
//=====
//Обробка переривання таймера1 (включення симістора).
//=====
#pragma savereg-
interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
//зберігаємо регістри
s_reg=SREG;
#asm
        PUSHR30
#endasm
//Формуємо імпульс запалення.
PORTB = 0x00;
//delay_us(7);
#asm
        LDI R30,9
__DELAY:
        DEC R30
        BRNE __DELAY
#endasm
PORTB=0b00011110;
//Витримка 10мсек для другого проходу.
TCNT1H=0xFF;
TCNT1L=0x64;
if(second_half_period) TIMSK=0x02;// забороняємо переривання Таймер 1.
second_half_period =1;

```

```
// Відновлюємо регістри
#asm
    POP R 30
# endasm
SREG = s_reg;
}
#pragma savereg+
void main(void)
{
begin:
# Asm ("cli");
#include "init.c"
// Input/Output Ports initialization
// Port B initialization
// Func0=In Func1=Out Func2=Out Func3=Out Func4=Out Func5=In Func6=In
Func7=In
// State0=T State1=1 State2=1 State3=1 State4=1 State5=T State6=T State7=T
DDRB = 0b00011110;
PORTB=0b00011110;
// Port D initialization
// Func0=In Func1=In Func2=In Func3=In Func4=Out Func5=Out Func6=In
// State0=P State1=T State2=T State3=T State4=0 State5=1 State6=P
DDRD = 0b00110000;
PORTD=0b01000001;
// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
TCCR0 = 0x01;
TCNT0 = 0x02;
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
```

```
TIMSK = 0x02;
// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 125,000 kHz
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1 output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
TCCR1B = 0x04;
TCCR1A = 0x00;
TCNT1H = 0x00;
TCNT1L=0x00;
OCR 1 H = 0 x 00;
OCR 1 L =0 x 00;
// External Interrupt(s) initialization
// INT0: On
// INT0 Mode: Rising Edge
// INT1: Off
GIMSK = 0x00;
MCUCR = 0x03;
GIFR = 0x40;
// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
// Analog Comparator Output: Off
ACSR = 0x80;
// підготовка даних
second_half_period=closed=0;
on_old=off_old=infra=infra_old=in_home=1;
```

```

mode = 0;
ofa=ofa_min;
# Asm ("sei");
while (1)
    {
        switch(mode)
            {
                case 0: #include "mode_0.c"; // господар вдома
//господар будинку
red=second;//моргаємо червоним і зеленим світлодіодами
green = second;
//4 години
if(clock==28800) mode=4;// швидко увімкнути
//ще півгодини
if(clock>32400)
    {
        mode=3;//швидко погасити
        clock = 0;
    }
                break;
                case 1: #include "mode_1.c"; // повільно знижувати яскравість
//Повільно знижувати яскравість
if(GIMSK==0x00)
    {
        mode =7;
        break ;
    }
if (++ timer _ ofa >7500)
    {

```

```
timer_ofa = 0;
if(ofa>ofa_min) ofa--;
else GIMSK = 0x00;
}

break;

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

break;

case 3: #include "mode_3.c"; // швидко погасити
//швидко погасити
if(GIMSK==0x00)
{
if(in_home) mode=0;
else mode = 7;
break;
}
if(++timer_ofa>21000)
```

```

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

        break;

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

        break;

        case 5: #include "mode_5.c"; // запам'ятати ДК "+"
// запам'ятати ДК "+"
red=0;
green = second ;

```

```

//якщо за 10 с не прийняли сигнал програмування, то вихід із програмування
if(clock>20) mode=7;
        break;
        case 6: #include "mode_6.c"; // запам'ятати ДК "-"
// запам'ятати ДК "-"
green = 0;
red=second;
//якщо за 10 с не прийняли сигнал програмування, то вихід із програмування
if(clock>20) mode=7;
        break;
        case 7: #include "mode_7.c"; // просто чекаємо
//просто чекаємо
if(GIMSK==0x00) green=1;// запалюємо зелений світлодіод
else green =0; // тушимо зелений світлодіод
        break ;
        default:
                goto begin;
        }
#asm
        SBIS0x16,0
        RJMPL1
        CBI0x12,4
        RJMPL2
L1:
        SBI0x12,4
L2:
#endasm
        }
}

```

ДОДАТОК Б

ПРЕЗЕНТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

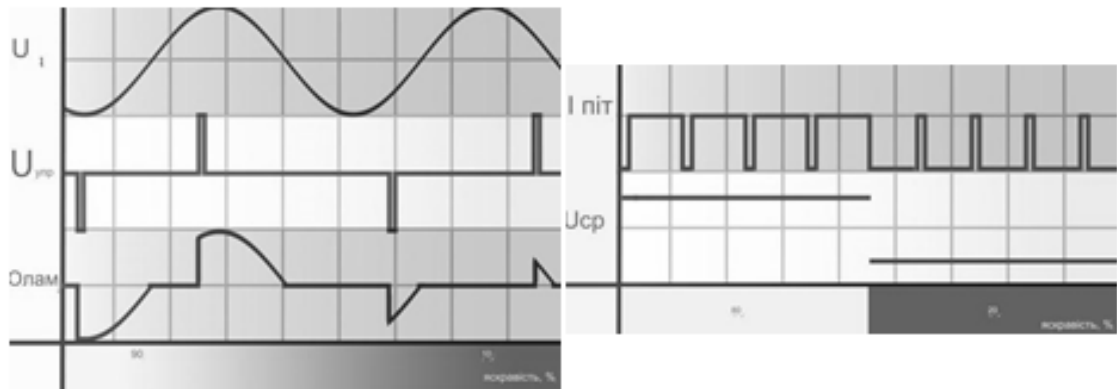
Система автоматичного регулювання яскравості освітлення

Студент: Владислав РЕПІНСЬКИЙ
Керівник: Людмила КОРЕЦЬКА, к.т.н, доц.

Освітленість та її норми

	СНП	ISO 8935
	лк	лк
Передповерх	50	100
Вітальні	100	200
Коридори	50	100
Сходові прольоти, ескапатори	50	150
Ідальні	100	200
Кімнати відпочинку	100	100
Кімнати для фізичних вправ	-	300
Гардероби, ванни, туалети	50	200

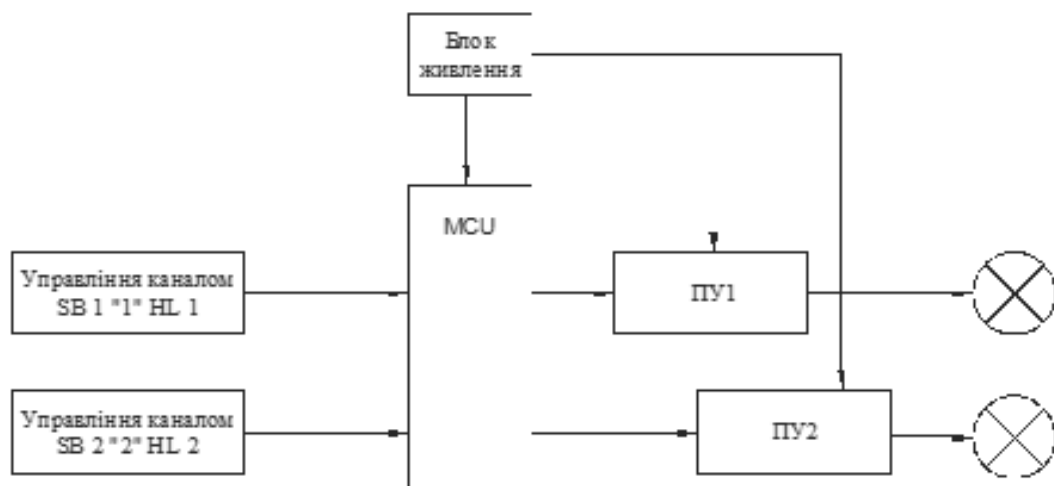
Принципи регулювання освітленості



Принцип тиристорного регулятора потужності

Принцип ШИМ-регулятора потужності

СТРУКТУРНА СХЕМА ПРИСТРОЮ



ВИСНОВКИ

- У процесі виконання роботи розроблено пристрій автоматичного регулювання світла на мікроконтролері. Актуальністю даної теми було те, що в процесі проектування ставилося завдання спроектувати пристрій, який не мав би аналогів і відрізнявся новизною, простотою та дешевизною.
- Був розроблений світильник, який усунув майже всі недоліки подібних пристроїв, що раніше існували, чим у свою чергу покращив показники за санітарними, енергозберігаючими і пожежобезпечними нормами.
- У схожих конструкціях спостерігається дзижчання дроселя і дзвін ниток ламп, досить високий нагрівання корпусу при максимальній яскравості свічення освітлювальних ламп, велике споживання електроенергії, відсутність додаткових функцій.
- У процесі розробки було вивчено вітчизняні та зарубіжні джерела інформації мережі Інтернет, технічні характеристики та принцип дії пристроїв-аналогів.
- У процесі розробки було складено алгоритм управління, програмне забезпечення мікроконтролера, зроблено розрахунок елементів електричної схеми, згідно з довідковими даними.

Ім'я користувача:
Кафедра АКІТІТК

ID перевірки:
1016383353

Дата перевірки:
23.06.2024 12:20:45 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
23.06.2024 13:05:58 EEST

ID користувача:
100005862

Назва документа: Репінський_антиплагіат

Кількість сторінок: 66 Кількість слів: 12623 Кількість символів: 92959 Розмір файлу: 1,013.50 KB ID файлу: 1016193681

1048 слів позначені як "вилучені" та не враховуються у підрахунку слів

15.4% Схожість

Найбільша схожість: 10.4% з Інтернет-джерелом (<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/78714>)

15.3% Джерела з Інтернету

108

Сторінка 68

0.26% Джерела з Бібліотеки

13

Сторінка 69

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0.03% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

0.01% Вилучення з Інтернету

12

Сторінка 70

0.02% Вилученого тексту з Бібліотеки

18

Сторінка 70

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

164

Sun Jun 23 11:54:10 EEST 2024, Федула Микола Васильович, Хмельницький національний університет, ХНУ

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 15.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. **Помилки в документах: 9%**

ID: 132262 Назва: БКР Система автоматичного регулювання яскравості освітлення Додано в БД: 2024-06-23 Автора: Владислав РЕПІНСЬКИЙ Керівники: Людмила КОРЕЦЬКА Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	78771	766	16203 (21%)	203 (27%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми
4433	Назва: Програмований регулятор системи освітлення Додано в БД: 2012-05-07 Автора: Богданова А.В. Керівники: Огневий О.В. Консультанти: Опоненти:	11482 (15.0%)	132 (17.0%)

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Репінський Владислав Володимирович

Тема: Система автоматичного регулювання яскравості освітлення

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегрованих технологій»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість презентаційних слайдів 7 Кількість сторінок записки 67

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: у роботі розроблено систему автоматичного регулювання яскравості освітлення

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У роботі розроблено пристрій автоматичного регулювання світла на мікроконтролері. Актуальністю даної теми було те, що в процесі проектування ставилося завдання спроектувати пристрій, який не мав би аналогів і відрізнявся новизною, простотою та дешевизною. Був розроблений світильник, який усунув майже всі недоліки подібних пристроїв, що раніше існували, чим у свою чергу покращив показники за санітарними, енергозберігаючими і пожежобезпечними нормами. У процесі розробки було вивчено вітчизняні та зарубіжні джерела інформація мережі Інтернет, технічні характеристики та принцип дії пристроїв-аналогів. У процесі розробки було складено алгоритм управління, програмне забезпечення мікроконтролера, зроблено розрахунок елементів електричної схеми, згідно з довідковими даними.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: наявні граматичні, стилістичні помилки, недостатньо уваги приділено огляду аналогів

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

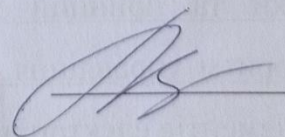
8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно (3,50/D)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Радельчук Галина Іванівна, к.т.н., доцент кафедри ПІЗ, ХНУ

“ 17 ” червня 2024 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Репінський В.В.

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи АКІТ-20-1

ЗАЯВА

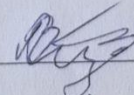
З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

01.06.2024

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Система автоматичного регулювання яскравості освітлення

Автор: Владислав РЕПНСЬКИЙ

Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: к.т.н., доц. Людмила КОРЕЦЬКА

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

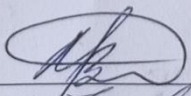
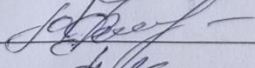
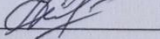
3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 15,4% і адресується до 108 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи

Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Людмила КОРЕЦЬКА