

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет електроніки
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра мікроелектроніки
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ О.В. Борисов
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 2019 р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 6.050801 «Мікро- та наноелектроніка»
(код та назва спеціальності)

на тему: Установка для декоративного освітлення на основі RGB-світлодіода з функцією керування кольором _____

Виконав : студент 4 курсу, групи ДП-52
(шифр групи)

_____ Дрань Ярослав Андрійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник _____ старший викладач, Надкерничний С. П _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з нормоконтролю _____ проф., к.т.н., доц.. Орлов А.Т. _____

Консультант з інформаційних питань _____ доц. к.т.н., Діденко Ю.В _____

Рецензент _____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Факультет електроніки

(повна назва)

Кафедра мікроелектроніки

(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 6.050801 «Мікро- та наноелектроніка»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« » 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

групи ДП- 52

Дрань Ярослав Андрійович

(група, прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Установка для декоративного освітлення на основі RGB-світлодіода з функцією керування кольором

керівник роботи Надкерничний Степан Петрович, старший викладач,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом по університету від « » 20 р. №

2. Термін подання студентом роботи 04 червня 2019 р.

3. Вихідні дані роботи Освітлювач на RGB-світлодіодах з живленням від мережі 220В - 60Гц

4. Перелік питань, які мають бути розроблені (зміст роботи) 1. Ознайомлення з особливістю роботи та експлуатації RGB-світлодіодів. 2. Вивчення методів керування RGB структурами. 3. Розробка технологічних вимог, структурної та принципової схем освітлювальної установки. 4. Проектування макету та створення установки. 5. Створення та тестування програми для управління мікроконтролером. 6. Дослідження та налагодка приладу. 7. Випробування приладу та обговорення результатів роботи.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо)
 1.Блок-схема установки для декоративного освітлення. 2.Структурна та принципова схема системи управління. 3.Алгоритм та програма управління освітленням. 4.Принципова схема освітлювальної установки.

6. Консультанти розділів роботи*

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання _____ 12 лютого _____ 2019р.

Календарний план виконання роботи

| № з/п | Назва етапів виконання дипломної роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|--------------------------------|----------|
| 1. | Ознайомлення з особливістю роботи та експлуатації RGB-світлодіодів | 28.02.19 | |
| 2. | Ознайомлення з видами схем управління освітленням системи | 14.03.19 | |
| 3. | Розробка структурної та принципової схем освітлювальної установки | 16.04.19 | |
| 4. | Розробка програмного забезпечення для реалізації функції керування кольором. | 25.04.19 | |
| 5. | Розробка макету освітлювальної установки. | 21.05.19 | |
| 6. | Обговорення результатів дослідження та написання дипломної роботи. | 03.06.19 | |

Студент

_____ (підпис)

Я.А. Дрань

(ініціали, прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

С.П. Надкерничний

(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломної роботи.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота викладена на 60 сторінках, вона містить 4 розділи, 15 ілюстрацій, 4 таблиці і 30 джерел в списку посилань.

Об'єктом дослідження є розробка джерела освітлення для декоративного підсвічування.

Мета роботи - створення декоративного освітлення з мікропроцесорним управлінням на основі світлодіодних джерел світла.

Дана робота складається з вступу, чотирьох розділів і висновку.

У вступі приведена актуальність теми випускної кваліфікаційної роботи, поставлені мета роботи та основні завдання.

В цих чотирьох розділах наведено огляд основних джерел освітлення, показаний їх порівняльний аналіз. Розглянуто фізичні принципи роботи світлодіодів. Представлено принципову і блок схему установки а також програму для мікропроцесорного управління декоративним підсвічуванням. Наведено макетну схему. В кінці роботи було звернено увагу на заходи щодо забезпечення безпеки під час виконання роботи.

Дипломна робота виконана відповідно до вимог нормативних документів КПІ ім. Ігоря Сікорського та діючих державних стандартів.

ABSTRACT

Final work contains 70 pages, 34 figures, 4 tables, 17 sources.

Keywords: LED system, light-emitting diode, microprocessor control, RGB LED, Arduino Nano, local light.

Final qualifying work is dedicated to the development of decorative lightning with microprocessor control based on RGB LED light sources.

In the introduction of the work the relevance of the theme of the final qualifying work, purpose of the work and research tasks are demonstrated.

In the first chapter of the work a literature review of main lighting sources are shown and the comparative analysis was made. Also the basic physical processes that determine the LEDs were described.

In the second chapter the research of electric and spectral characteristics of LEDs was made. Also the influence of current on the character of the glow of different LEDs and volt-ampere characteristics were investigated.

In the fourth chapter the question of electrical safety is described. In conclusion the results of the work are given.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ | 8 |
| 1. Особливість роботи та експлуатації світлодіодів..... | 9 |
| 1.1. Освітлення і його класифікація | 9 |
| 1.2. Світлодіодне освітлення | 15 |
| 1.3. Принцип роботи світлодіодів | 19 |
| 2. Дослідження і параметри установки..... | 26 |
| 2.1. Принципова та блок схема освітлювальної установки..... | 26 |
| 2.2. Робота з RGB адресною світлодіодною стрічкою..... | 27 |
| 2.3. Мікроконтролер для системи освітлення..... | 31 |
| 2.4. Плата безпроводного зв'язку HC-06..... | 32 |
| 2.5. Опціональний таймер реального часу DS3231..... | 33 |
| 3. Розробка системи світлодіодного підсвічування | 35 |
| 3.1. Розробка програмного забезпечення | 35 |
| 3.2. Розробка фінального макету декоративного підсвічування | 37 |
| 4. Оцінка ризиків і небезпек, пов'язаних з розробкою та використанням світлодіодних систем освітлення | 38 |
| 4.1. Загальний опис умов експлуатації світлодіодної системи освітлення | 38 |
| Список використаних джерел | 40 |
| Висновок | 41 |
| Додаток 1..... | 43 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

DI (digital input) - цифровий вхід;

DO (digital output) - цифровий вихід;

RGB - red, green, blue (червоний, зелений, синій);

USB - universal serial bus (універсальна послідовна шина);

VAX - вольт-амперна характеристика;

ІЧ - інфрачервоний;

ПК - персональний комп'ютер;

СД - світлодіод;

УФ - ультрафіолетовий;

ШІМ - широтно-імпульсна модуляція.

ВСТУП

Тема освітлювальних установок на основі RGB світлодіодів в даний час набирає все більшої популярності. Це зумовлено все ширшим використанням світлодіодів в різноманітних сферах людської діяльності. Вони використовуються для зовнішнього освітлення будівель, створення дешевих і водночас потужних ліхтарів для освітлення доріг та вулиць. За рахунок своєї компактності вони також получили широке застосування в мікроелектроніці, а зокрема в екранах смартфонів, годинників, моніторів і ще безлічі іншої портативної техніки. Наше життя важко уявити на даний момент без світлодіодів.

Використання RGB світлодіодів в більшості випадків оправдане тоді коли потрібно здійснити підсвітку зовнішніх чи внутрішніх об'єктів Або для створення високоякісних кольорових лазерних прожекторів.

В сучасних квартирах дуже часто можна зустріти підсвітку певних елементів декору які несуть крім функції освітлення ще й функцію декору. На ринку ми можемо знайти дуже багато різних систем кольорових освітлювачів на основі світлодіодів більшої або меншої складності. Одні з них використовують багатоканальну систему з світлодіодних стрічок різного кольору. В інших же випадках може застосовуватись набір світлодіодних матриць із складним елю управлінням. Такі системи часто мають високу вартість і складні в застосуванні. Тому перед мною стоїть задача створення установки, з можливістю адаптації до конкретних застосувань, на основі RGB світлодіодів та функцією управління кольором. Такі пристрої часто необхідні для декоративного зовнішнього або внутрішнього освітлення.

Мета роботи – розробка та дослідження систем на основі мікропроцесорного управління для декоративного освітлення з застосуванням RGB світлодіодів.

Виходячи з мети роботи, поставлені наступні завдання:

- вивчити теоретичні матеріали по темі дослідження;
- вивчити принципи роботи світлодіодів;
- вивчити методи управління кольором в RGB світлодіода;
- створити на основі мікропроцесора систему управління освітлювальною установкою на основі RGB світлодіода з функцією управління кольором.

РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВІСТЬ РОБОТИ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ СВІТЛОДІОДІВ

1.1. Освітлення і його види

Освітлення - створення освітленості поверхні предметів, забезпечує можливість зорового сприйняття цих предметів або їх реєстрації світлочутливими речовинами або пристроями.

Велику частину інформації з навколишнього світу людина отримує за допомогою органів зору, тому сприйняття світла і кольору має колосальне значення в житті людини. Багато в чому якісне освітлення визначає бачення світу. Регулюючи надходження світла, можна візуально зменшувати або збільшувати простір, змінювати сприйняття кольору предметів і їх розміри і форми. Неправильно організоване освітлення робочих місць сильно впливає на самопочуття. Недостатня освітленість втомлює зоровий апарат, знижує гостроту зору, підвищує ризик травматизму; надмірна яскравість може засліплювати, тимчасово залишаючи без спосібності розрізняти предмети. Навпаки, грамотно організоване освітлення може забезпечити людині комфортне перебування в приміщенні будь-якого роду, будь то житлова площа, або робоче місце.

Виходячи з фізичної природи джерел світла, в цілому, освітлення включає в себе використання як штучних джерел, таких як світильники і лампи, так і природного, світіння денного світла сонця.

Денне світло складається з прямого сонячного випромінювання і світла, яке було розсіяне небокраєм. Денне світло, проникаючи через вікна, світлові люки або спеціально призначені для цього отвори, представляє собою переважну частину основного освітлення в світлий час доби в будівлях. Природне освітлення підрозділяється на бокове (вікна знаходяться в бічних стінах) і верхнє (вікна в стелі). Існує також комбіноване освітлення, яке поєднує обидва способи. Бажаним буде використання останніх двох перерахованих видів, оскільки це створює умови для рівномірного освітлення по всьому периметру. У житті найбільш поширеним вважається бічне освітлення.

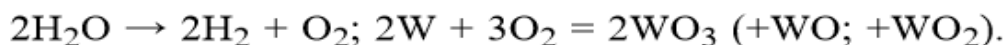
Природне освітлення сприятливо для людини і є само собою зрозумілим, однак його недостатньо для забезпечення нормальної життєдіяльності. Так експлуатація штучних джерел освітлення стала повсюдною.

На даний момент штучними джерелами є різного роду електричні джерела освітлення, випромінювання яких виникає в результаті перетворення електричної енергії. До них зараховуються теплові джерела оптичного випромінювання (вакуумні, газонаповнені і галоген лампи розжарювання), газорозрядні і напівпровідникові джерела світла. Приклади джерел освітлення наведені на рис. 1.



Рисунок 1 - Основні види ламп для освітлення

Вакуумні лампи розжарювання в загальному випадку являють собою джерела світла, в якому світло випускає нитка розжарення з вольфраму, звита в спіраль, поміщена в вакуумований скляний балон. Робоча температура таких ламп зазвичай не більше 2600-2700 К. Подальше підвищення температури може призвести до розпорошення вольфраму і осадженню його всередині поверхні скла, тобто зменшення світлового потоку за рахунок зниження прозорості оболонки. Через перегріву скла також можлива окислювальна реакція в присутності парів води, що залишаються в балоні лампи при неякісній процедурі відкачування атмосфери:



Щоб усунути перегрів, можна збільшити діаметр колби лампи розжарювання, що негативно позначиться на габаритах ламп, особливо потужних. Таким чином, процеси, що відбуваються в вакуумних лампах розжарювання, і особливості режимів їх використання обмежують світловіддачу на рівні 9-11 лм/Вт при терміні служби не більш як 1000 год.

Газонаповнені лампи розжарювання частково усувають недоліки вакуумних ламп розжарювання. Робота таких ламп заснована на ефекті Ленгмюра, суть якого полягає в тому, що у поверхні розжареного тіла, оточеного інертним газом, при високих температурах утворюється застійний шар. У поверхневому шарі в газі спостерігається аномальна в'язкість і теплопровідність. Газ в межах застійного шару рухається хаотично. Через підвищеної в'язкості ліквідується конвекція газу, усуваючи втрату потужності внаслідок конвективного теплообміну з зовнішнім середовищем. Застійний шар має низьку теплопровідність, додатково знижуючи відведення тепла від

вольфрамової спіралі. Можливе збільшення ефективності за рахунок втрат тепла при підвищенні температури газу, його тиску, радіуса нитки напруження, а також за допомогою атомного номера вводиться в лампу розжарювання газу. Застійний шар газу не тільки послаблює процес розпилення вольфрамової нитки, але і є своєрідним утеплювачем. Звідси випливає, що можна підвищити робочу температуру і, отже, світловіддачу газонаповнених ламп до 13-15 лм/Вт при тому ж терміні служби. Однак на створення і підтримання застійного шару потрібно витрата певної частки потужності, що підводиться до лампи.

Галогенні лампи розжарювання (рис.2) з'явилися через пошуки більш ефективного методу ослаблення негативного впливу розпилення на час служби лампи.



Рисунок 2. Галогенна лампа розжарювання

Концепція методу мала на увазі повернення розпиленого і осівшого на оболонку вольфраму на розжарену спіраль. Реалізувалось це шляхом введення в колбу чистого йоду або йодиду натрію, утворюючи атомарний йод при термічній дисоціації. При цьому вольфрам вступає в реакцію з атомарним йодом, утворюючи летюче з'єднання WJ_2 . Реакція протікає за умови підвищеної температури оболонки і за умови того, що діаметр колби не перевищуватиме довжину хвилі вільного пробігу атомарного йоду. Виникає дифузний потік летючої речовини через градієнт концентрації, який рухається в область спіралі, де через високу температуру розжарення відбувається розкладання йодиду вольфраму. Знову з'являється атомарний йод і рухається до стінок, і такий цикл повторюється. Так відновлюється нитка розжарення. Оболонка галогенних ламп розжарювання конструюється з кварцового скла, що володіє високою термічною стійкістю. Через високу температуру спіралі такі лампи мають більшу світловіддачу, якщо порівнювати їх з вакуумними лампами і газонаповненими - 25 лм/Вт. Істотний мінус галогенних ламп розжарювання - температура оболонки.

Підводячи підсумок по лампам розжарювання, можна сказати, що їх основні переваги - висока надійність і ступінь безпеки, проста конструкція, екологічність, інерційність випромінювання. Недоліками стали невеликий термін роботи, порівняно низька світловіддача і кореляція світловіддачі від

рівня напруги живлення. В Україні заборонений оборот ламп розжарювання з потужністю понад 100 Вт через їх низьку економічності.

Газорозрядні джерела світла класифікуються за різними критеріями:

- в залежності від режиму роботи - від постійного, змінного або імпульсного струму;
- за родом газового наповнення - інертні гази або пари металів;
- по тиску - низького, високого та надвисокого тиску;
- за типом електродів - холодні або розжарені;
- по виду розряду - дугового, тліючий, імпульсний, високочастотний;
- за наявністю або відсутністю люмінофора.

Для освітлення приміщень частіше використовуються газорозрядні лампи низького тиску на основі розряду в парах ртуті - лампи денного світла. Вони володіють гарною передачею кольору, тривалим терміном служби, економічністю. Як джерела вуличного освітлення раніше використовувалися ртутно-люмінесцентні лампи з високим тиском. Зараз такі лампи ледь витримують конкуренцію з натрієвими лампами високого тиску, що володіють високою довговічністю. Лампи надвисокого тиску заповнюються парами ртуті або ксенону і вони знаходять застосування в поліграфії, кінопроекторах і прожекторних установках.

Напівпровідникові джерела - світлодіоди виготовляються в масштабах промислових розмірів для самих різних цілей і застосувань. Світлодіоди володіють високою ефективністю, малими розмірами і мають тривалий час служби. Детальніше вони будуть розглядатися в наступному розділі.

Штучне освітлення по призначенню розділяється на три різновидності: освітлення для житлових приміщень, вуличне і промислове освітлення.

При виборі освітлювальних приладів для вулиці керуються в першу чергу тим, щоб людина добре бачила в нічний час доби, а вже після підбирають дизайн, що підходить під архітектурний вигляд простору що збираються освітлювати. В цьому випадку використовуються різні ліхтарі та прожектори, підвісні і настінні світильники. Організація промислового освітлення виробничих будівель і офісних залів, торгових павільйонів і складів вимагає спеціалізованих освітлювальних приладів. Навпаки, для житлових будинків підбір світильників стає педантичним процесом, де, перш за все, акцент ставиться на зовнішній вигляд предмета і тому, наскільки вдало він впишеться під інтер'єр заданого приміщення.

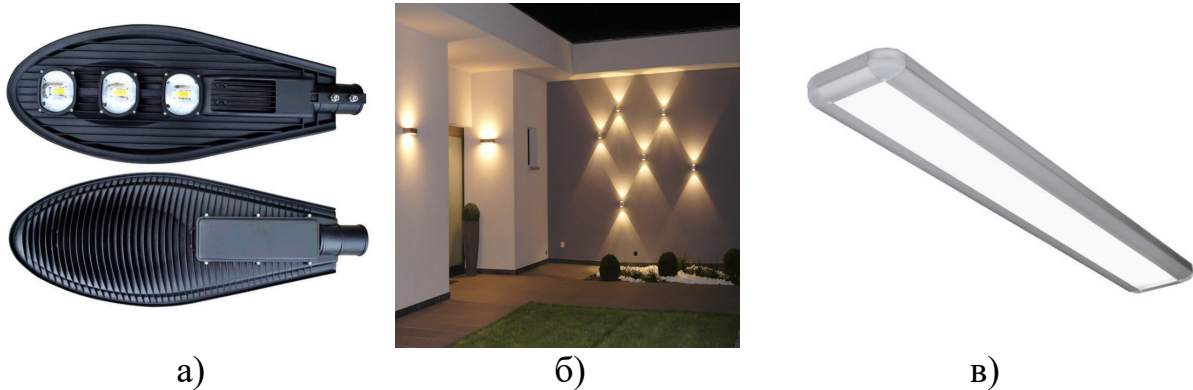


Рисунок 3 Приклади освітлювальних приладів за призначенням: а) зовнішнє освітлення для доріг; б) декоративне освітлення для екстер'єру; в) освітлення для робочих приміщень.

Штучне освітлення можна окремо класифікувати за функціональним призначенням на три основних типи: на загальне, акцентне і місцеве освітлення - в залежності від розподілу світла, що створюється світильником.

Загальне освітлення призначене для освітлення всієї площі приміщення і створення зручної для людини видимості. Цей тип освітлення зазвичай розглядається в якості відправної точки для освітлення простору або кімнати в цілому завдяки рівномірному розподілу світла. Воно випромінює комфортний рівень яскравості без відблисків і дозволяє безпечно бачити і пересуватися. Найчастіше забезпечується традиційними люстрами, стельовими або підвісними світильниками і ліхтарями. Найкраще рівномірне освітлення простору досягається при наявності центрального джерела світла зверху, так як, відбиваючись від стелі, світло буде розсіюватися по всій кімнаті. Якщо джерел світла кілька, розташовувати їх варто на однаковій відстані одне від одного.

Місьцеве, або локальне освітлення доповнює загальне. Частково воно навіть протиставлено загальному освітленню, оскільки забезпечує лише цілеспрямоване висвітлення конкретної ділянки, а не висвітлення приміщення повністю. Воно може забезпечити більшу освітленість на певній ділянці для виконання конкретного завдання, де потрібно більше світла. Так для робочого місця, де людина займається справами, що вимагають зосередженості, варто придбати настільну лампу або підвісний світильник. Робота за комп'ютером, робота, пов'язана з тривалим читанням книг, робота, яка вдається до задіяння дрібної моторики рук, напружує зоровий апарат. Але не всі світильники володіють характеристиками, здатними задовольнити вимоги для освітлення робочого простору. Наприклад, лампи розжарювання нагріваються і можуть давати відблиски, що не годиться для деяких видів роботи. Щоб не перенапружувати зір, доцільно буде використовувати галогенні світильники, характеристики яких близькі до природного світла. Крім цього, місцеве освітлення - один із способів для заміни загального освітлення в приміщеннях, що не вимагають яскравого світла. У виробничих приміщеннях

використовувати тільки місцеве освітлення категорично заборонено. У домашніх умовах локальне освітлення створює приємну, розслаблюючу обстановку. Підвісна стеля над баром для сніданку може дати додаткове освітлення для читання книги або газети, приємно доповнюючи інтер'єр. Місцеве освітлення, в будь-якому випадку, має бути у всіх місцях, де людина проводить більшу частину свого часу.

Вищевикладені методи освітлення - найзагальніші і є найбільш поширеними, але і вони мають свої недоліки. Як було помічено вище, загальне освітлення досить розсіює світло, іноді навіть надмірно. В даному випадку стає неможливим змінити основну спрямованість поширення світла. У локального освітлення, навпаки, основний світловий потік падає на окремо взятую площу кімнати, яскраво виділяючи його. Ці недоліки усуваються при комбінованому освітленні, яке включає в себе сукупність вище описаних способів освітлення. Комбіноване освітлення поєднує загальне рівномірне освітлення всього простору з посиленням висвітлення окремих місць (найчастіше робочих) і найбільш сприятливо і повноцінно створює умови для комфортного перебування людей.

Акцентне, або декоративне освітлення необхідно для конкретного виділення деталей інтер'єру.



Рисунок 4. Приклади використання декоративного освітлення в інтер'єрі.

Основне його завдання - вдосконалення загального вигляду приміщення і формування певної атмосфери. Іноді в акцентного освітлення самі світильники використовуються як прикраси, але частіше в декоративних цілях використовують їх світло. Цей вид спрямованого освітлення навмисно концентрує увагу у предметів, які необхідно показати, одночасно затінюючи тьмяні області. Звідси випливає, що акцентне освітлення вимагає, по крайній мірі, в три рази більше світла на фокальній точці, ніж загальне освітлення навколо нього. Часто воно використовується для підсвічування художніх робіт, предметів меблів і мистецтва, а також загальної архітектури будинків. Зовнішнє акцентне освітлення виділяє частини архітектури будинку або двору. В цілому, акцентне освітлення створює дуже специфічну атмосферу, викликаючи відчуття значущості освітлюваних предметів. Часто використовується для музеїв, історичних будівель і художніх виставок.

Розглянемо трохи докладніше декоративне освітлення. Безумовно, воно не здатне замінити загальне освітлення, але його призначення полягає далеко не в цьому. За функціональним якість декоративне освітлення ближче до місцевого висвітлення, оскільки направлено підсвічує конкретним обраний об'єкт. Але разом з тим володіє і естетичними властивостями, роблячи простір навколо іскристим і світиться, а сам освітлюваний предмет приємним для ока. Вигідно використовувати декоративне підсвічування в місцях з приглушеною освітленістю з неясним загальним світловим фоном. Граючи на контрасті легкої напівтемряви з саявом акцентних вогнів, можна отримати вражаючий ефект, перетворюючи повсякденні речі в урочисті і незвичайні.

Для акцентного освітлення можна використовувати лампи і світлодіоди. Лампи розжарювання все ще найбільш поширений тип ламп багато в чому через свою низьку вартість, хоч і обсяги випуску таких ламп скорочуються з кожним роком. Це пов'язано з тим, що зараз є інші лампи, що володіють більш високою енергоефективністю і великим терміном служби при тому ж рівні освітлення. Також вони часто перегорають, тому заміна ламп потрібна відповідно частіше. Галогенні лампи за своєю конструкцією та принципом роботи нагадують лампи розжарювання, але з більшою світловіддачею і часом роботи приладу. У люмінесцентних ламп невеликий рівень споживання енергії. Їх енергоефективність перевищує приблизно в 5 разів значення енергоефективності ламп розжарювання, але вона нижче, ніж у світлодіодів.

1.2. Світлодіодне освітлення

Світлодіодне освітлення - порівняно новий напрям освітлення, що використовує в своїй роботі такі штучні джерела світла, як світлодіоди.

Переваги світлодіодних світильників перед іншими джерелами світла:

–економічне витрачання електроенергії. Наприклад, у люмінесцентних ламп відношення світлового потоку до потужності, споживаної світильником, таке саме 60-100 лм / Вт, у ламп розжарювання, в тому числі галогенних - 10-24 лм / Вт, у світлодіодного вуличного освітлення світлова віддача становить 120 лм / Вт;

–безпека використання;

–екологічність використання (в них відсутня ртуть);

–при забезпеченні теплового режиму час роботи світлодіодних світильників може досягати 36-72 тис. год (в 50 разів більше, ніж у ламп розжарювання і в 4-16 разів, ніж у люмінесцентних). Економія на заміні ламп може бути більше економії на самій електроенергії;

–здатність отримання різних спектральних характеристик без використання світлофільтрів;

–напрявлене випромінювання рефлектора, можлива варіація кута випромінювання з використанням лінз;

–при включенні і відключенні приладу немає інерційності;

–затемнення в порівнянні з люмінесцентними лампами;

- невеликі розміри ламп дають меншу кількість люмінофора, який містить дорогі рідкоземельні матеріали;
- відсутнє УФ і ІЧ випромінювання;
- для пристроїв з малою потужністю порівняно низька температура;
- міцність, стійкість до вандалізму.

Світлодіодні лампи мають кращі параметри для експлуатації і найкраще підходять в якості декоративного підсвічування. Найбільш наочно це буде продемонстровано в табл. 1.

Таблиця 1. Порівняння світлодіодних світильників з люмінесцентними, галогенними і лампами розжарювання

| параметри порівняння | лампа розжарювання | галогенна лампа | люмінесцентна лампа | світлодіодна лампа |
|-----------------------------|--------------------|-----------------|---------------------|--------------------|
| споживана потужність, Вт | 75 | 45 | 15 | 10 |
| нагрівання | сильне | сильне | середнє | низьке |
| міцність конструкції | дуже тендітна | тендітна | тендітна | міцна |
| Термін служби, год | 1000 | 2-2,5 тис. | 7-10 тис. | 30-50 тис. |
| простота установки і заміни | добра | хороша. | відмінна | відмінна |
| екологічність | добра | добра | хороша. | відмінна |

Світлодіодні лампи при однаковій освітленості споживають менше енергії, що економічно вигідно. Вони не нагріваються так сильно, як лампи розжарювання (20% споживаної потужності йде на освітлення, 80% - на

нагрівання), що обумовлює їх високий коефіцієнт корисної дії. Світлодіоди володіють постійним струмом, що протікає через світлодіоди, і служать в 30-50 разів довше ламп розжарювання, що, безсумнівно, робить їх затребуваними джерелами світла. Також вони самі по собі володіють невеликими розмірами.

Крім того відмінною рисою світлодіодних ламп є ударостійка конструкція. Галогенні лампи і лампи розжарювання дуже легко б'ються, люмінесцентні трохи міцніше, але з ними потрібно дуже обережно ставитись, так як пари ртуті при руйнуванні лампи можуть нашкодити людині. Звідси додаткові плюси світлодіодів - екологічність і безпека. Люмінесцентні лампи дають мерехтливе світло, втомлюючи очі, в той час як світловий спектр світлодіодів не шкідливий для людини. На рис. 5 приведені спектри різних джерел світла.

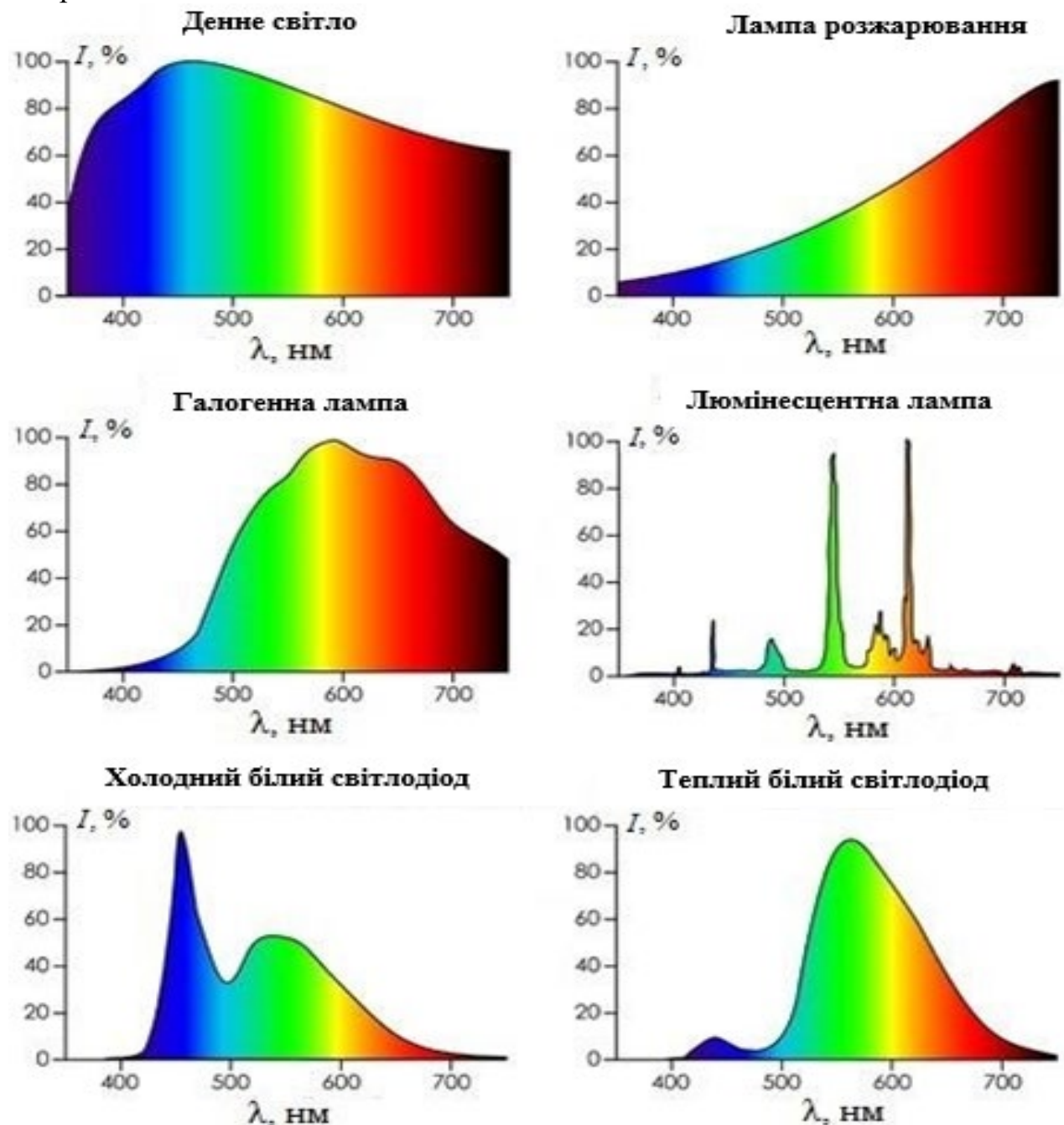


Рисунок 5 - Спектри різних джерел світла

З рис. 5 видно, що штучне світло випромінює не повний спектр, а створює світло з надлишком одного або декількох колірних променів. У разі ламп розжарювання велика частина його світла жовтий, оранжевий і червоний кольори, тоді як стандартний «холодний білий» випромінює флуоресцентне джерело в основному в жовто-зеленій області спектра. Спектр світлодіодної лампи ближче до природного освітлення і світла лампи розжарювання.

Ще однією перевагою світлодіодних систем є те, що світлодіодне освітлення повністю виключає в своєму спектрі ультрафіолетове випромінювання, яке призводить до старіння речей з пластмаси і появи на них жовтизни.

Лампи розжарювання дуже чутливі до зовнішніх забруднень колби, а галогенні лампи і зовсім не рекомендується чіпати руками. Через нагрівання забруднення поверхні колби призводять до локальних підвищень температури. Це може привести до виходу лампи з ладу, тому краще їх міняти в рукавичках. Люмінесцентні та світлодіодні лампи мало гріються, і їх просто міняти.

Важливо згадати, що світлодіоди мають захист від вологи, що дуже важливо при використанні декоративного підсвічування, адже ніколи не варто виключати потрапляння невеликої кількості води на джерела світла, що знаходяться, наприклад, на кухні, в душовій або на вулиці.

На жаль, у світлодіодних ламп є і свої недоліки:

- висока ціна;
- розкид параметрів від зразка до зразка;
- регулювання яскравості забезпечують не всі моделі;
- при високих температурах світлодіод виходить з ладу;
- світлодіоди з великою потужністю вимагають зовнішній тепловідвід;
- низька напруга живлення одного світлодіода вимагає перетворювача постійного струму, що збільшує об'єм світильника;
- включення не одного, а декількох світлодіодів може знизити надійність приладу, так як поломка одного призведе до відключення ланцюга світлодіодів;
- дешеві лампи в мережі 220 В мають частотою мерехтіння сто герц, що негативно впливає на зір;
- синій спектр світлодіодів при освітленні вулиць може викликати втому зорового апарату.

Незважаючи на перераховані недоліки, по багатьом факторам отримуємо, що світлодіодне освітлення не поступається іншим джерелам світла, а багато в чому навіть перевершує їх. Цей перспективний напрямок освітлення краще всього підходить для використання в якості декоративної підсвітки. Принцип роботи таких світильників описаний в наступному розділі.

1.3. Принцип роботи світлодіодів

Світлодіоди - це джерела некогерентного електромагнітного випромінювання (видимого і ближнього ІК діапазонів). Принцип роботи заснований на рекомбінаційній електролюмінесценції у р-n-переходу. Люмінесценція - це нетеплове (холодне) випромінювання тілами світла, що проводиться після поглинання речовиною енергії збудження, тривалість випромінювання набагато більше періоду світлових коливань. У електролюмінесценції джерелом збудження є зовнішнє електричне поле. Самий діючий спосіб електричного збудження - прикладання до р-n-переходу в прямому напрямку напруги. Через перехід потече струм, і це призведе до інжекції неосновних носіїв.

Світлодіоди відрізняються великою кількістю робочих довжин хвиль, невеликою інерційністю, високою надійністю і малим споживанням енергії. Світлодіоди знаходять часте застосування в світлотехніці, в накачуванні лазерів, в оптичного зв'язку, в індикації та інших областях техніки. Існують різні світловипромінюючі діоди, наприклад, ультрафіолетового діапазону і короткохвильові світлодіоди, у яких випромінююча частина кристалу покрита люмінофорним покриттям. Також існують триколірні RGB-світлодіоди, які використовуються в даній дипломній роботі. Змінюючи кількість домішок легуючих матеріалів, можна варіювати довжину хвилі випромінювання світлодіода. Енергетичні діаграми р-n-переходу наведено на рис. 6. Коли зовнішня напруга відсутня (рис. 6, а), в області перетину А-А спостерігається велика концентрація електронів і низька концентрація дірок. Існує потенційний бар'єр, який заважає дифузії носіїв зарядів у відповідні області.

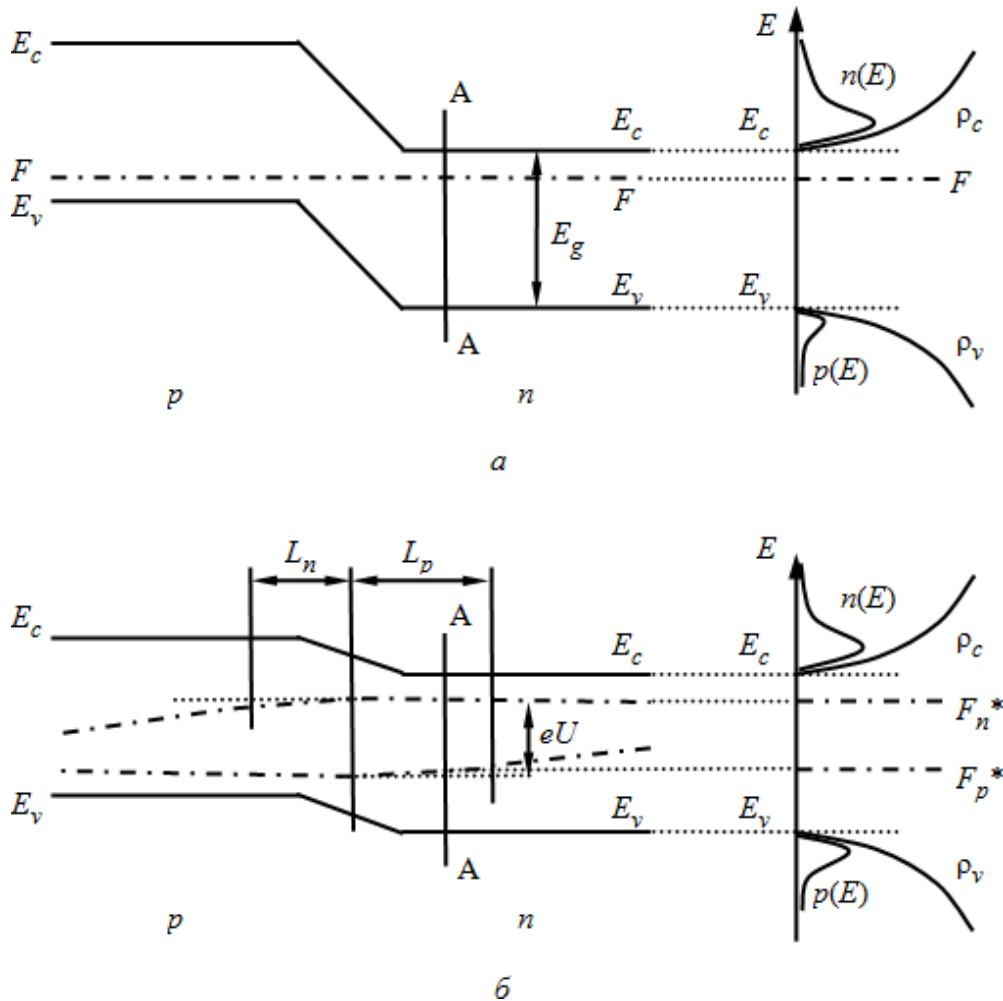


Рис. 6 - Енергетичні діаграми р-п-переходу і розосередження електронів і дірок по енергіях: а – рівноважний стан (зовнішня напруга відсутня); б - прикладена пряма напруга.

При додаванні позитивної напруги існуючий потенціальний бар'єр зменшується на eU (рис. 6, б), при цьому електрони, що знаходяться в n -області, починають інжекцію в p -область, а дірки, що знаходяться в p -області починають інжекцію в n -область. Рекомбінація може бути двох видів: безвипромінювальна і випромінювальна у вигляді квантів оптичного випромінювання. Через рекомбінацію неосновних носіїв концентрація зменшується по експоненті в міру того, як вони дифундують від простору об'ємного заряду. Відстань, при якому у інжекттованих носіїв концентрація знизиться в e раз, називають глибиною проникнення. Це довжина L_n в матеріалі p -типу і L_p в матеріалі n -типу.

Через інжекції неосновних зарядових носіїв крізь напівпровідників перехід виникає їх нерівномірний розподіл в p - і n -областях. Це може бути охарактеризоване квазірівнями Фермі, тобто це означає, що рівень Фермі розщепиться на 2 квазірівні, причому для електронів і дірок окремо. У міру того, як буде відбуватися віддалення від області об'ємного заряду, починається наближення квазірівнів Фермі до рівноважного рівня, і поступове з'єднання з ним. Дифузійною довжиною L_n або L_p називається та відстань, на якій

нерівноважний квазірівень зменшується (у разі електронів) або збільшується (для дірок) приблизно на kT від найбільшої величини на межі р-n-переходу.

Величина прямої напруги U , прикладена до напівпровідникової структури, визначає для неосновних носіїв інтенсивність інжекції через р-n-перехід. Так як потенційний бар'єр не може бути від'ємним, максимальне значення напруги U_{\max} визначається випрямленням енергетичних зон, коли потенційний бар'єр зникає через зовнішнє поле. Як видно з рис. 6, $eU_{\max} \approx E_g$ і значення робочої напруги складають зазвичай 1-4 В. При протіканні струму напруга частково падає на контакти і базові галузі, і робочий струм становить 0,1-300 мА. Його величина залежить від площі р-n-переходу і обмежена нагріванням.

Основною характеристикою напівпровідникового джерела світла є світлова ефективність - це ККД світлодіода, показує наскільки добре електрична енергія перетворюється в світлову

$$\eta \approx \frac{\hbar\omega_{\max}}{eU_{\text{роб}}} \eta_e,$$

де η_e - зовнішній квантовий вихід люмінесценції; $\hbar\omega_{\max}$ - енергія фотона, яка відповідає екстремуму спектра випромінювання; $U_{\text{роб}}$ - зовнішня напруга.

Ефективність визначається структурою світлодіода і видом використовуваного переходу. Щоб збільшити світлову ефективність, потрібно, щоб основна частка енергії, що звільняється при рекомбінації носіїв, витрачалася на випромінювання. Застосування гетероструктур може збільшити η . Імовірність випромінювальної рекомбінації вище у прямозонних напівпровідників, так як у них мінімальна валентна зона знаходиться на одному хвильовому векторі з зоною провідності. У непрямоzonних напівпровідниках випромінювальна рекомбінація ускладнена в зв'язку зі зміщенням зон щодо хвильового вектору. Таким чином, при випромінювальної рекомбінації міняються 2 величини: енергія частинки і її імпульс. Знаючи закон збереження енергії можна сказати, що для здійснення такого процесу необхідна участь третіх частинок, а ймовірність потрібний рекомбінації дуже мала. Для покращення ситуації в напівпровідник вводять домішки, наприклад, на основі азоту. Тоді в забороненій зоні формуються додаткові рівні домішків, і рекомбінація стає двоетапною: спочатку на домішковий рівень, потім далі. Імовірність такої рекомбінації значно вища.

Величина коефіцієнта світлового виведення являє собою ефективність виведення випромінювання, що створюється в активній області, з кристала. Оскільки у напівпровідника і у повітря різні показники заломлення n , з світлодіода виходить лише невелика частина світла, і визначається вона критичним кутом, $\theta_{\text{кр}}$.

$$\theta_{\text{кр}} = \arcsin \frac{1}{n}.$$

Основним фактором, що впливає на зовнішній квантовий вихід, є необхідність організації виведення випромінювання в одну сторону, а саме безпосередньо до спостерігача. Коефіцієнт η_0 можна збільшити, збільшуючи критичний кут і роблячи менше відображення в межах вихідного конуса. Над світлодіодом поміщають лінзу з напівсферичної формою. Змінюючи форму лінзи, можна варіювати діаграму спрямованості.

Спектральна характеристика - ще одна важлива характеристика світлодіодів. Спектр визначається шириною забороненої зони E_g , температурою T і коефіцієнтом Φ_0 . Виходячи з величини забороненої зони матеріалу, необхідно підбирати таке його значення, щоб довжина хвилі була максимально близька до центру видимого випромінювання. З огляду на те, що основними напівпровідниковими матеріалами є кремній і германій, які мають малі величини заборонених зон, в якості матеріалів напівпровідникових світлодіодів використовуються інші речовини.

Найпоширеніші світлодіоди - це світловипромінюючі діоди, створені на основі арсеніду галію. Оскільки GaAs - прямозонний напівпровідник, його будова енергетичної структури дозволяє зробити прилад, що може ефективно перетворювати електроенергію в випромінювання. З усіх напівпровідників з прямою структурою енергетичних зон арсенід галію є особливо найбільш технологічно дослідженим. Світлодіоди на основі GaAs здатні працювати в області спектра ближнього інфрачервоного випромінювання, а сам спектр випромінювання таких світлодіодів задовольняє спектр фоточутливості кремнієвих фотодіодів.

Максимум спектральної характеристики у світлодіодів типу AlB₅, AlB₆ і на основі інших бінарних сполук зрушити майже неможливо, так як ширина забороненої зони залишається незмінною за умови незмінності температури. Звідси випливає, що в оптоелектроніці напівпровідників широкого поширення набули саме тверді розчини таких речовин. Їх перевага в можливості регулювання основних характеристик в широкому діапазоні за допомогою зміни складу розчину за найменшої зміни узгодження параметрів кристалічної решітки.

Прямозонні $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{As}$ і $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{PyAs}_{1-y}$ використовують для області понад 1 мікрометра. Максимум спектру випромінювання можна зрушувати, змінюючи склад твердого розчину. Ставлячи x і y , можна створити світлодіод для певної частини спектра. Так зручно виготовляти світлодіоди для конкретних завдань. Наприклад, світлодіоди, випромінювання яких збігається з мінімумом втрат в оптоволокну. Так само збіг можливий з максимумом в діапазоні речовини, у якій потрібно здійснювати контроль концентрації.

Для частини спектра з довжинами хвиль понад 5 мікрометра світлодіоди виготовляються на основі прямозонних $Pb_xSn_{1-x}Te$, $Pb_xSn_{1-x}Se$ (халькогеніди свинцю) і $Cd_xHg_{1-x}Te$ (халькогеніди ртуті).

У червоній області спектра випромінюють світлодіоди з прямозонних $Al_xGa_{1-x}As$ і $GaAs_{1-x}P_x$, де $x < 0,4$, і непрямоzonних фосфіду галію, легованого $Zn + O$.

Щоб отримати світлодіоди, що випромінюють зелене, жовте, а також помаранчеве світло, спочатку використовували непрямоzonні $GaAs_{1-x}P_x$, де $x > 0,6$, легований азотом. Введення азоту підвищує можливість випромінювальної рекомбінації. Світлодіоди з GaP: N випромінюють зелене світло з $\lambda_{max} = 0,565$ мкм, але там крім цього присутній смуга з максимумом в червоній області спектра з $\lambda_{max} = 0,7$ мкм. Це викликано тим, що в активному епітаксильній шарі світлодіода, залишилися атоми кисню. Надалі з розвитком технології почали використовувати червоні і жовті світловипромінюючі діоди на основі прямозонних $Al_xGa_yIn_{1-x-y}P$.

Світлодіоди, які працюють в блакитній, синій і фіолетовою області видимого спектру, створюються на основі GaN і гетеропереходних речовин $Ga_xIn_{1-x}N$ і $Ga_{1-x}Al_xN$.

Для білих світлодіодів використовується GaN– $Ga_xIn_{1-x}N$ з люмінофором, який перетворює випромінювання в синьому діапазоні в зелено-жовте. Люмінофори - це діелектрики, а саме алюмоітрієвому гранати, які активуються іонами рідкоземельних матеріалів. Щоб отримати біле випромінювання, підсумовуються випромінювання люмінофора і самого світлодіода.

На спектр випромінювання впливає також температурна зміна величини ширини забороненої зони. При збільшенні температури відбувається зсув максимуму випромінювання (збільшення довжини хвилі), з ростом температури спектральні характеристики розширюються.

Коефіцієнт Φ_0 визначає потужність світлодіодного випромінювання в екстремумі спектральної характеристики. У СД потужність випромінювання визначається кількістю випромінювальних рекомбінацій. А концентрація електронів залежить від величини прямого струму. Таким чином, змінна Φ_0 описує ват-амперну характеристику, зображену на рис. 4.

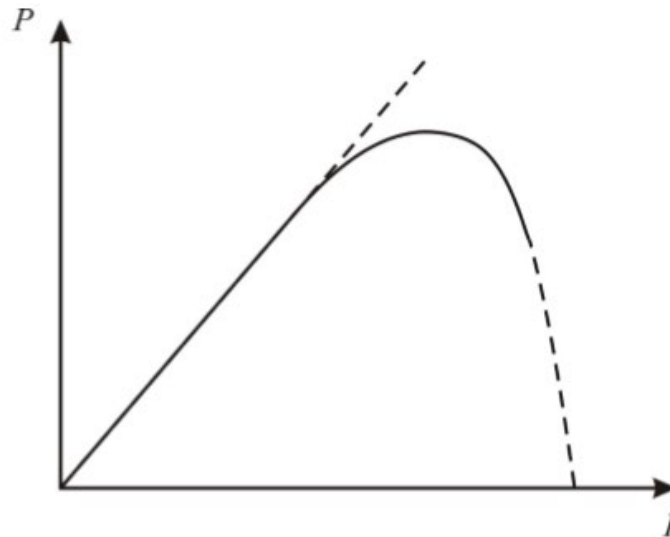


Рис. 4 - Ватт-амперна характеристика світлодіода

При малих значеннях струму спостерігається лінійне зростання потужності випромінювання СД. З подальшим зростанням струму починається відхилення від лінійності. Це відхилення обумовлено мимовільним нагріванням кристала, який збільшує число безвипромінювальних переходів. Без випромінювання рекомбінація призводить до температурного придушення люмінесценції, тому випромінювання може повністю припинитися.

ВАХ світлодіода відповідає характеристиці звичайного діода. У випадку прямого зміщення вольт-амперна характеристика виражається як:

$$I_a = A \cdot \exp\left(\frac{eU_a}{kT}\right) + C \cdot \exp\left(\frac{eU_a}{2kT}\right),$$

де: e - заряд електрона; A , C - постійні величини; k - постійна Больцмана, U_a - напруга прямого зміщення.

Перша частина виразу показує внесок дифузійного струму, що переважає при великих і проміжкових значеннях напруги, а друга частина - внесок рекомбінаційного струму, що переважає при малих напругах. Графіки вольт-амперних характеристик для різних матеріалів зображені на рис. 5.

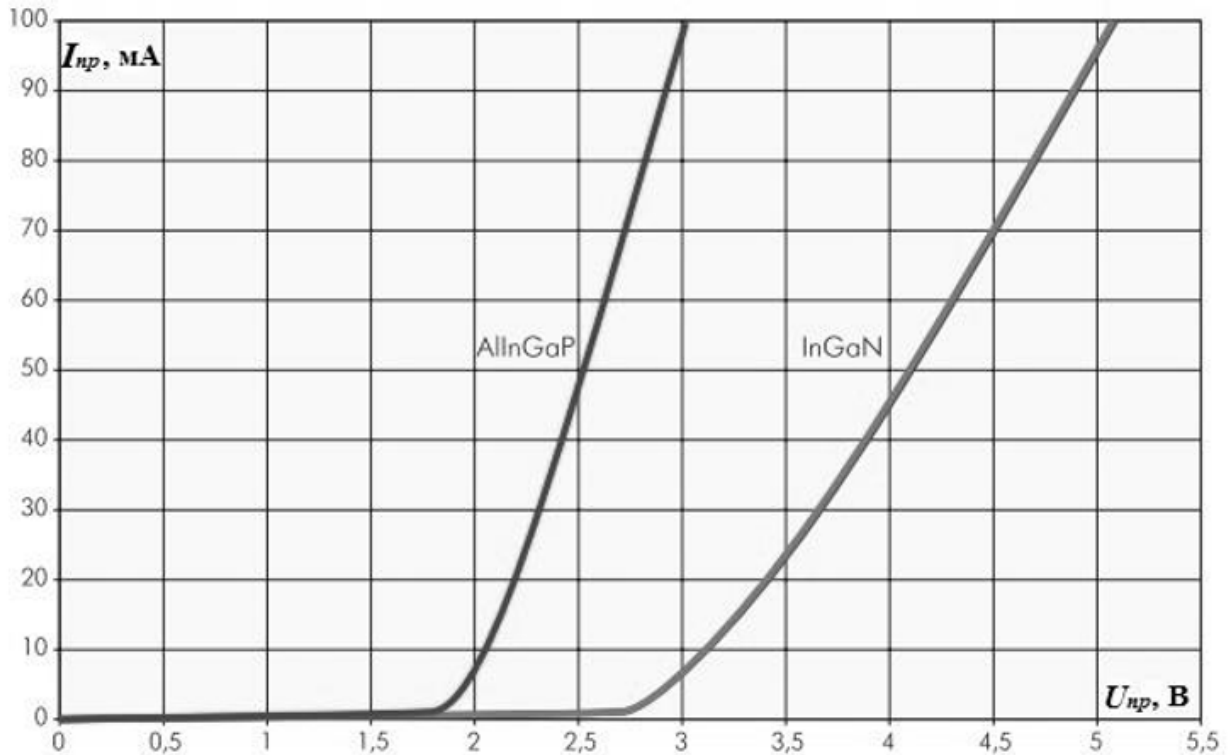


Рис. 5 - Вольт-амперні характеристики напівпровідникових діодів

Очевидно, що невелика зміна напруги може привести до великої (іноді навіть небезпечної для світлодіода) зміни струму. Розкид значень прямої напруги напівпровідникового переходу - одна з проблем в застосуванні світловипромінювальних діодів. Параметри навіть самих сучасних світлодіодів будуть відхилятися від номінально призначених. Технологія виробництва постійно зазнає змін, відбувається зниження розкиду параметрів, постійне поліпшення основних характеристик світлодіода - яскравості, потужності споживання, стабільності роботи.

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ І ПАРАМЕТРИ УСТАНОВКИ

2.1 Принципова та блок схема освітлювальної установки

Рисунок 6. Принципова схема освітлювальної установки.

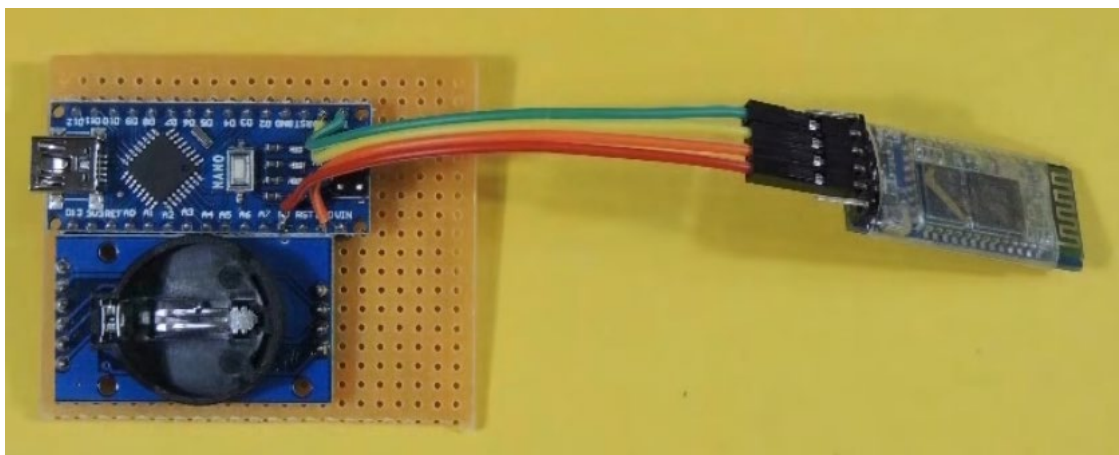


Рисунок 7. Зібраний макет



Рисунок 8. Надруковані моделі для макету

2.2 Робота з RGB адресною світлодіодною стрічкою

В даній роботі буде використано RGB адресну світлодіодну стрічку. Для початку варто розглянути що являє собою адресна стрічка і загалом RGB світлодіод.

Для кращого розуміння розглянемо еволюцію світлодіодних стрічок. Звичайна світлодіодна стрічка представляє собою стрічку з напаяними світлодіодами і резисторами, на живлення має два дроти: плюс і мінус. Напруга буває різною: 5 і 12 вольт постійна і 220 змінна. Для 5 та 12 вольтових стрічок потрібно використовувати блоки живлення. Світить така стрічка одним кольором, яскравість якого залежить від світлодіодів.

RGB світлодіодна стрічка. На цій стрічці стоять RGB світлодіоди. Такий світлодіод має вже 4 виходи, один загальний +12 (анод), і три мінуса (катода) на кожен колір, тобто всередині одного світлодіода знаходиться три світлодіода різних кольорів. Відповідно такі ж виходи має і стрічка: 12, G, R, B. Подаючи живлення на загальний 12 і будь-який з кольорів, ми включаємо

цей колір. Подамо на всі три - отримаємо білий, зелений і червоний дадуть жовтий, і так далі. Для таких стрічок існують контролери з пультами, типовим контролер є три польових транзистора на кожен колір і мікроконтролер, який керує транзисторами, таким чином даючи можливість включити будь-який колір. Керувати такою стрічкою з Arduino дуже просто. Беремо три польових транзистори, і за допомогою ШІМ приєднуємо їх до аналогового контроллера.

Адресна світлодіодна стрічка, вершина еволюції стрічок. Являє собою стрічку з адресних діодів, один такий світлодіод складається з RGB світлодіодів і контролера. Так, всередині кожного світлодіода вже знаходиться контролер з трьома транзисторними виходами! Завдяки такій начинці у нас є можливість управляти кольором (вірніше кажучи яскравістю r g та b кольорів) будь-якого світлодіода в стрічці і створювати приголомшливі ефекти. Адресна стрічка може мати 3-4 контакти для підключення, два з них завжди живлення (5V і GND наприклад), і інші (один або два) - логічні, для управління.

Стрічка "розумна" і управляється за допомогою спеціального цифрового протоколу. Це означає, що якщо просто увіткнути в стрічку живлення то не відбудеться зовсім нічого, тобто перевірити стрічку без керуючого контролера не можна. Якщо ви поторкаєте цифровий вхід стрічки, то швидше за все кілька світлодіодів загоряться випадковими кольорами, тому що ви вносите випадкові перешкоди, які сприймаються контролерами діодів як команди. Для управління стрічкою використовуються готові контролери, але набагато цікавіше керувати стрічкою вручну, використовуючи, наприклад, платформу Arduino, для чого стрічку потрібно правильно підключити. І ось тут є кілька критичних моментів:

1) Команди в стрічці передаються від діода до діода, послідовно. У стрічки є початок і кінець, напрямом рух команд на деяких моделях зазначено стрілочками. Для прикладу розглянемо ws2812b, яку я буду використовувати в подальшій реалізації проекту, у неї три контакти. Два на живлення, а ось третій на початку стрічки називається DI (digital input), а в кінці - DO (digital output). Стрічка приймає команди на контакт DI. Контакт DO потрібен для підключення додаткових частин стрічки або з'єднання матриць.

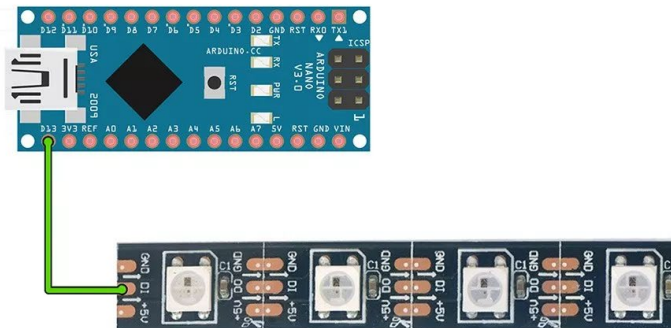


Рисунок 9.

2) Цифровий вхід стрічки йде безпосередньо на «сірий» вхід мікроконтролера всередині діода, тому між ним і керуючим піном Arduino потрібен токообмежуючий резистор з номіналом 200-500 ом. Рис *. Без нього є великий шанс вигорання піна Arduino або першого світлодіоду в стрічці. Точність і потужність резистора? Будь-яка, в даній схемі вони не будуть грати значну роль.

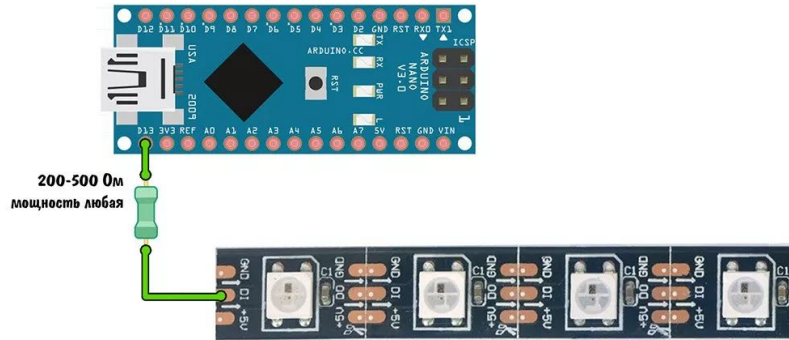


Рисунок 10.

2.1) Якщо між стрічкою і контролером (Arduino) велика відстань, тобто довгі дроти (довше 10-15 см), то сигнальний провід і землю потрібно скрутити в косичку для захисту від наводок, так як протокол зв'язку у стрічки досить швидкісний (800 кГц), на нього сильно впливають зовнішні наводки, екранування за допомогою закручення з землею допоможе цього уникнути. Без цього може спостерігатися така картина: стрічка не працює до тих пір, поки не торкнешся рукою сигнального проводу.

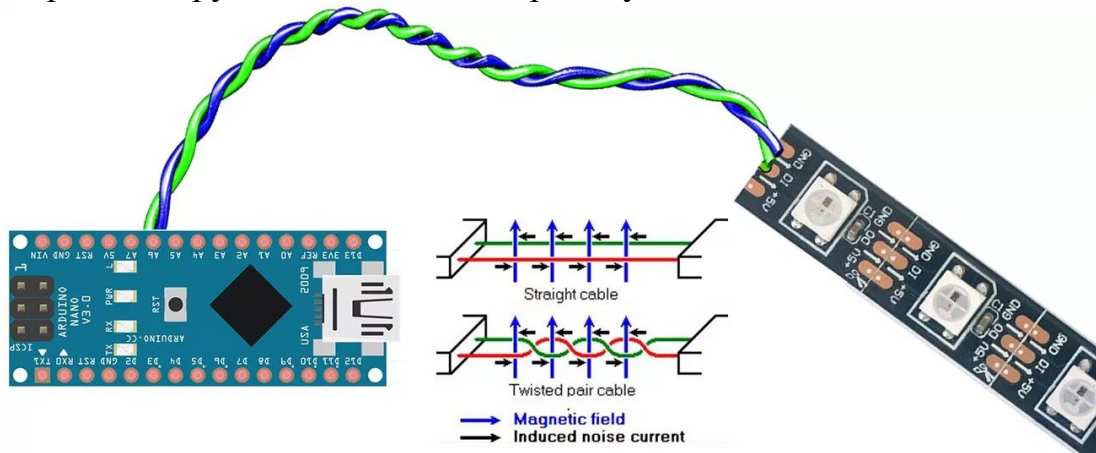


Рисунок 11.

3) Найважливіший пункт: цифровий сигнал ходить по двох проводах, тому для його передачі одного проводу від Arduino мало. Який другий? Земля GND. Контакт стрічки GND і піна Arduino GND (будь-який з наявних) повинні бути з'єднані.

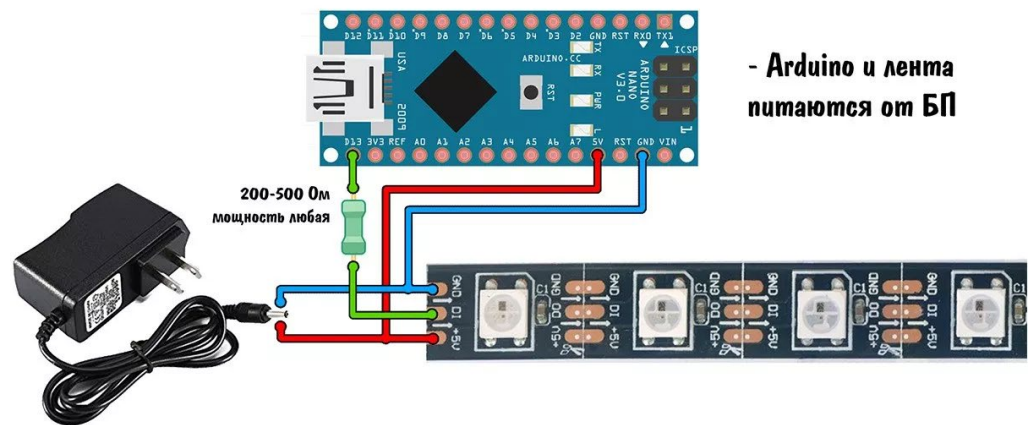


Рисунок 12.

4) Живлення. Один колір одного світлодіода при максимальній яскравості споживає 20 міліампер. В одному світлодіоді три кольори, разом 60 мА на діод. Тому в перерахунку на нашу стрічку з щільністю 60 діод / метр, $60 * 60 = 3.6$ Ампера при максимальній яскравості (білий колір), відповідно потрібно брати БЖ, який з цим впорається, але заздалегідь подумати, в якому режимі буде працювати стрічка. Якщо це режими типу «веселка», то потужність можна прийняти як половину від максимальної.

5) Продовжуючи тему живлення, хочу відзначити важливість якості пайки силових точок (підключення проводу до стрічки, підключення цього ж дроту до БЖ), а також товщину проводів. Як показує мій досвід, брати потрібно провід перетином мінімум 1.5 квадрата, якщо потрібна повна яскравість. Приклад: на проводі 0.75 кв.мм. на довжині 1,5 метра при струмі 2 Ампера падає 0.8 вольт, що критично для 5 вольт харчування. Перша ознака просадки напруги: заданий програмно білий колір світить не білим, а віддає в жовтий / червоний. Чим червоніший колір, тим сильніше зменшилась напруга.

б) Мигаюча стрічка створює перешкоди на лінію живлення, а якщо стрічка і контролер живляться від одного джерела - перешкоди йдуть на мікроконтролер і можуть стати причиною нестабільної роботи, глюків і навіть перезавантаження (якщо БЖ слабкий). Для згладжування таких перешкод ми поставимо електролітичний конденсатор 6.3В ємністю 470 мкФ (ставити більш ємний немає сенсу) по живленню мікроконтролера, а також більш ємний конденсатор (1000 або 2200 мкФ) на живлення стрічки. Ставити їх необов'язково, але дуже бажано. Якщо помітити зависання і глюки в роботі системи (Arduino + стрічка + інша електроніка), то причиною в 50% є явраз живлення.

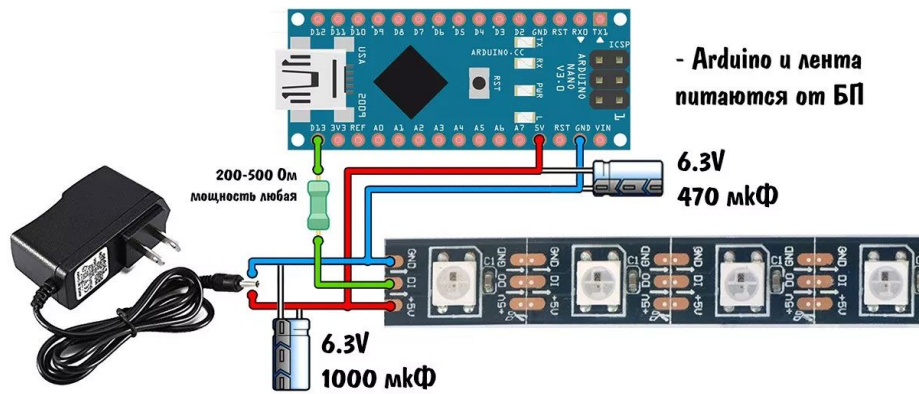


Рисунок 13.

2.3 Мікроконтролер для системи освітлення

Опис ATMEGA328P

ATmega це малопотужні 8-розрядні мікроконтролери, розроблені на основі AVR RISC архітектури. Мікроконтролери поставляються з прошитим загрузчиком Arduino Duemilanove (boot-loader), і готові до роботи відразу після установки в вашу Arduino-сумісну плату, або в складі самостійно розробленого пристрою.

Особливості роботи і структури даного мікроконтролера:

- Висока продуктивність і низьке енергоспоживання,
- 8-розрядний мікроконтролер;
- RISC архітектура:
- виконання 131 потужних команд за один тактовий цикл;
- 32x8 робочих регістрів загального призначення;
- пропускна здатність до 20MIPS при частоті 16МГц;

Висока довговічність сегментів незалежній пам'яті:

- 32 К байт програмованої флеш-пам'яті;
- 256/512/512 / 1Kbytes EEPROM;
- 512 / 1К / 1К / 2Kbytes внутрішньої SRAM;
- циклів запису / стирання: 10,000 Flash / 100,000 EEPROM;
- зберігання даних 20 років при 85 ° C / 100 років при 25 ° C;

Периферійні особливості:

- два 8-розрядних таймера / лічильника з окремим попередніми дільником, один режим порівняння;
- один 16-розрядний таймер / лічильник з окремим попередніми дільником, режим порівняння і захоплення;
- реальний лічильник часу з окремим генератором;
- шість каналів ШІМ;
- 8-канальний АЦП в TQFP і QFN / MLF корпусі;
- 6-канальний АЦП в корпусі PDIP;
- байт-орієнтований двухпроводной послідовний інтерфейс (Philips I2C-сумісний);
- програмований послідовний USART;

- Master / Slave SPI послідовний інтерфейс;
 - програмований сторожовий таймер з окремим вбудованим генератором;
 - вбудований аналоговий компаратор;
- Спеціальні функції мікроконтролера:
- скидання при включенні харчування;
 - внутрішній калібрований генератор;
 - зовнішні і внутрішні джерела переривань;
 - шість режимів сну: холостий хід, ADC шумозаглушення, енергозбереження, низьке енергоспоживання, в режимі очікування і розширений очікування;

2.4 Плата безпроводного зв'язку HC-06

Bluetooth модуль HC-06 для підключення Arduino до інших пристроїв по bluetooth. Модуль працює в пасивному режимі, тобто потрібно задати пошук на керуючому (Master) пристрої (ноутбук, телефон), знайти пристрій (за замовчуванням його ім'я linvor), після цього в Майстер-пристрої з'явиться послідовний порт, все що буде послано в нього з'явиться на вашому Arduino , і навпаки, все що Arduino пошле вам буде прийнято на вашому комп'ютері. Якщо необхідно можна підлаштувати параметри модуля за допомогою AT команд.

терморегулятори:

STATE - сюди дублюється сигнал з вбудованого світлодіода, коли модуль активний світлодіод блимає, коли зв'язок встановлено - горить.

RXD - на цьому піне модуль приймає дані (тобто в вашому скетчі сюди треба відсилати дані)

TXD - сюди модуль відправляє дані

GND – земля

VCC - харчування 5В

EN - вкл / викл, якщо подати сюди логічну одиницю (або просто логічний одиницю), то модуль вимкнеться, якщо логічний нуль (або просто не підключати цей пін) буде працювати.

При бажанні можна налаштувати деякі параметри модуля, наприклад його ім'я, швидкість передачі даних, pin-код.

Зручніше за все підключити модуль через перехідник USB-Serial до комп'ютера, підключитися терміналом до створеного послідовного порту на швидкості 9600 і спробувати відправити тестову AT команду "AT" (важливо: відсилати треба саме великі літери, інакше модуль не відповість), у відповідь має прийти ОК , якщо це так значить все налаштовано правильно, якщо у відповідь нічого не прийшло, перевірте підключення, зокрема чи правильно підключені лінії Rx Tx, чи правильно подано харчування (при включенні на модулі буде блимати червоний світлодіод), перевірте швидкість свя і в термінальній програмі.

AT команди треба відправляти відразу, наприклад копіюючи їх з буфера, або якщо ваша термінальна програма дозволяє спочатку ввести команду, а потім натиснути Надіслати (наприклад як стандартний термінал з Arduino IDE), то встановіть в ній не доповнювати команди символами переведення рядка (CR + LF), інакше модуль не сприйматиме команди.

Прошивку модуля можна оновлювати.

Допустимі команди:

AT - поверне OK

AT + VERSION - подивитися версію, повертає OKlinvorV1.8

AT + NAMEууу - встановлює контакт передачі (для інших пристроїв bluetooth), наприклад: AT + NAMEmegabt. Повертає OKsetname.

AT + PINxxxx - задає пін для доступу по bluetooth. За замовчуванням, встановлений код 1234. Повертає OKsetPIN

AT + BAUDx - встановлює бітову. Повертає OK <швидкість>, наприклад OK57600

2.5 DS3231 Плата годинника реального часу

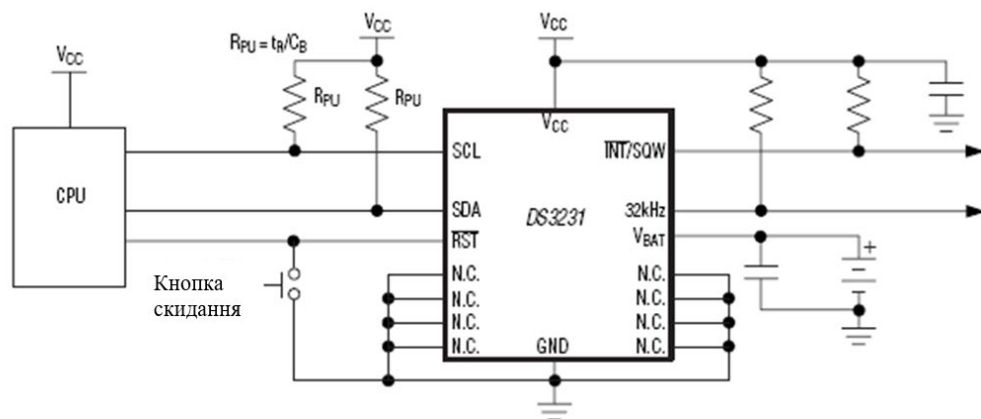


Рис. 14. Типова схема включення DS3231

DS3231 - високоточні годинники реального часу (RTC) з вбудованими I2C інтерфейсом, термокомпенсованим кварцовим генератором (TCXO) і кварцовим резонатором. Прилад має вхід для підключення резервного автономного джерела живлення, що дозволяє здійснювати хронометраж і вимір температури навіть при відключеному основному напрузі живлення. Вбудований кварцовий резонатор підвищує термін служби приладу і зменшує необхідну кількість зовнішніх елементів. DS3231 доступний в модифікаціях з комерційно і індустріальним робочим температурним діапазоном і упакований в 300 mil 16 контактний SO корпус.

RTC забезпечує відлік секунд, хвилин, годин, днів тижня, днів місяця і року. Дата кінця місяця визначається автоматично з урахуванням високосного року. Годинник реального часу працює в 24 або 12- годинному форматі з індикацією поточної половини доби (AM / PM). Прилад має два щоденних

будильника і вихід прямокутного сигналу з програмованої частотою. Обмін даними з приладом ведеться через вбудований послідовний I2C сумісний інтерфейс.

Прецизійне термокомпенсоване джерело опорної напруги і схема порівняння відстежують напругу основного живлення VCC і при його зниженні нижче заданого порогу формують сигнал скидання і здійснюють перехід схеми на роботу від резервного джерела живлення. Додатковий вихід RST також може використовуватися для зовнішнього скидання.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ СВІТЛОДІОДНОГО ПІДСВІЧУВАННЯ

3.1. Розробка програмного забезпечення

Програма для управління роботою мікроконтролера пишеться на мові Сі. Фізичне обґрунтування роботи програми будується на принципі ШІМ. Широтно-імпульсна модуляція - це модулювання потужності що підводиться до навантаження за допомогою зміни відношення періоду імпульсів до тривалості імпульсів. За допомогою ШІМ можна змінювати світлове випромінювання, світлодіодів. Принцип управління випромінюванням світлодіода за допомогою використання ШІМ зображений на рис. 8. При подачі на висновки мікроконтролера лог.«1» рівень вихідного імпульсу буде приймати значення $U_{\text{піт}}$, А при подачі лог.«0» рівень вихідного імпульсу відповідно буде приймати значення 0.

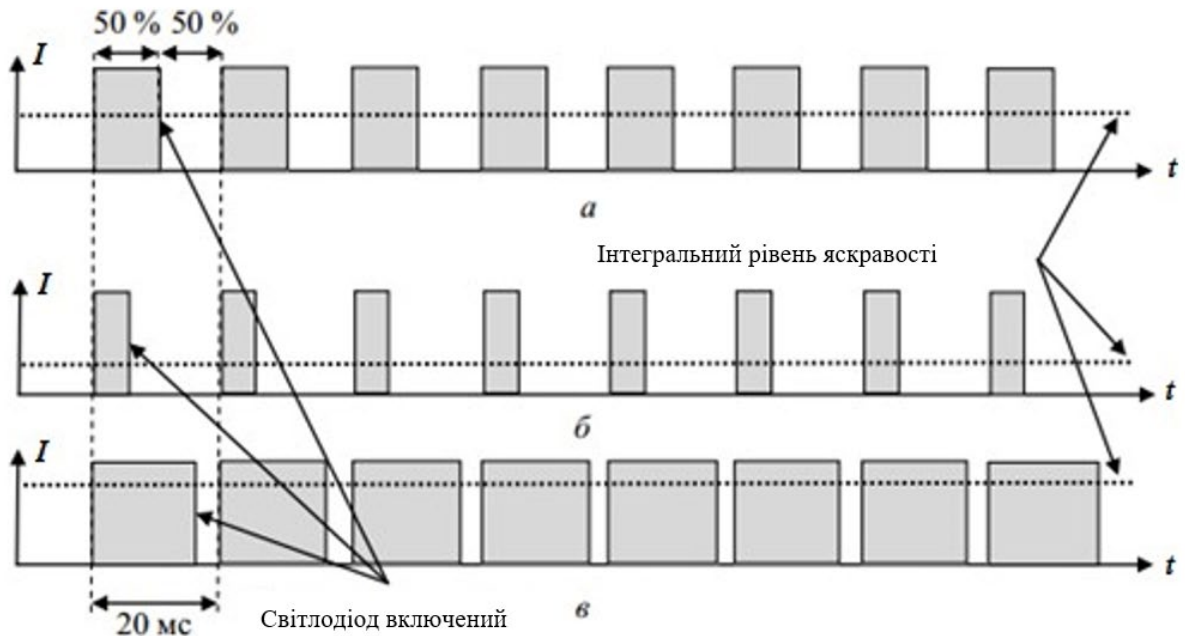


Рисунок 15 - Зміна яскравості світлодіода за допомогою ШІМ

Особливості людського ока такі, що при частоті вище двадцяти герц, людина припиняє помічати мерехтіння джерела випромінювання. На рис. 26, а, де час тривалості імпульсу і час тривалості паузи однакові, яскравість буде бачитися для людини не як низка спалахів, а як 50% від максимуму безперервного світіння. Якщо зберегти той же період, але міняти час тривалості імпульсу, можна м'яко змінювати яскравість світлодіода (рис. 26, б, в).

Інтенсивність випромінювання світлодіода змінюється від 0 до 100%, де в процентних співвідношення відповідає зміні кольірних координат від 0 до 255. Для створення такого прийому зміни інтенсивності потрібно написати програму з таймером. Також в нашій установці буде використано модуль

DS3231 для синхронізації часу. Передача всіх сигналів буде відбуватися за допомогою Bluetooth модуля HC-06. Дві світлодіодні стрічки під'єднані до 6 і 7 пінів плати Ардуіно. Для управління ними я використав безплатну бібліотеку Adafruit NeoPixel. В ході роботи програми ми спочатку оголошуємо наші глобальні параметри і змінні самими важливими з яких є : оголошення секунд годин і хвилин, визначення початкових для кожного кольору цих параметрів, і затримка, що грає роль в правильності виведення даних.

Робота програми мікроконтролера полягає в передачі і обробці сигналів з безпроводного модуля на адресну світлодіодну стрічку.

Програма для віддаленого управління мікроконтролером дозволяє здійснювати управління кольором і задавати дані на установці. Головний екран програми для Android зображено на Рис.9 .

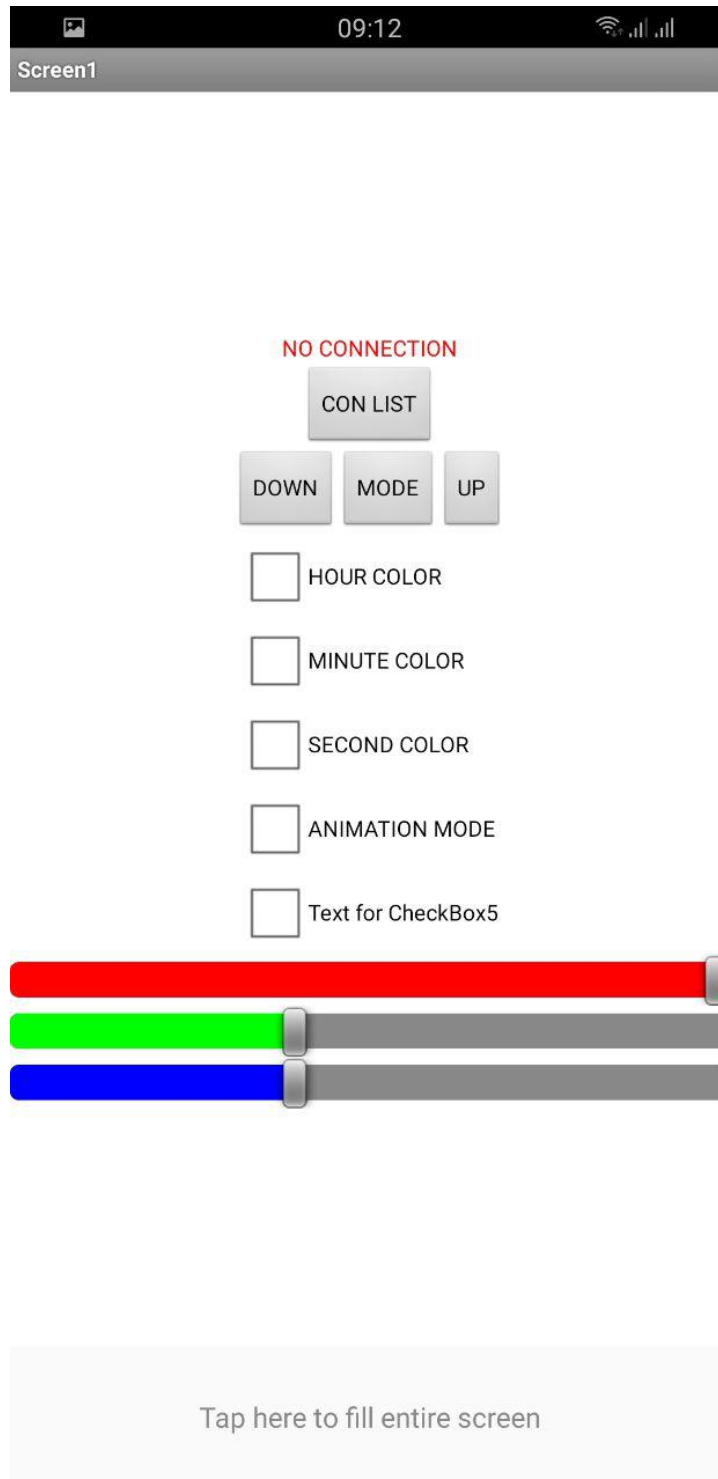


Рис. 16. Відображення програми на Android пристрої

де: CON LIST – викликає список підключених пристроїв; MODE – переключає пристрій між режимами роботи; DOWN і UP- виконують роль функцій +1 та -1 для лічильників всередині програми мікроконтролера; Hour clock, Minute clock, Second clock – переключення між вибором годин, хвилин і секунд з можливістю зміни їх кольору з допомогою бігунків знизу; Animation Mode – кнопка переключення між режимами освітлення запрограмованими попередньо в мікроконтролері.

РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА РИЗИКІВ І НЕБЕЗПЕК, ПОВ'ЯЗАНИХ З РОЗРОБКОЮ СВІТЛОДІОДНИХ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ

4.1. Загальний опис умов експлуатації світлодіодної системи освітлення

У випускний кваліфікаційної роботі проводилося конструювання приладу для декоративного підсвічування і дослідження його основних характеристик: світлових і електричних. Прилад включає в себе відалдочну плату, що працює на основі мікроконтролера, систему з двох адресних RGB світлодіодних стрічок, таймера реального часу, плати безпроводного зв'язку, і кабель USB, призначений для живлення.

На відладочній платі розташовано безліч компонентів, основні з яких це - мікроконтролер, роз'єми для USB і JTAG, індикатор для виведення інформації, шість світлодіодів і кнопка. Детальний опис плати представлено в попередніх розділах.

При розробці пристрою плата підключалася через USB кабель до персонального комп'ютера, тобто напруга живлення з шини USB становить 5 В. У схемі присутній регулятор напруги, що дозволяє на виході давати або 5 В, або 3,3 В. У мікросхемі використовується транзисторно- транзисторная логіка.

RGB-світлодіоди укладені в пластмасовий корпус, що дозволяє краще розсіювати світло, і впаяні за допомогою проводів в плату. Після всіх етапів робіт сконструйований освітлювальний прилад буде здатний ра- ботать в п'яти режимах. Він призначений виключно для декоративного підсвічування.

При конструюванні будь-якого приладу, тим більше електричного, завжди існує фактор технічного ризику.

У формулюванні ГОСТ 12.0.003-2015«Система стандартів безпеки праці (ССБП). Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація »можна назвати наступні фактори ризику:

б) обставини, що сприяють надмірно високій температурі предметів виробничого середовища;

г) обставини, що сприяють аномальним мікрокліматичним параметрам повітряного середовища на робочому місці, температурі і відносній вологості повітря, рухливості повітря, а також тепловим випромінюванням поверхонь, що знаходяться на робочому місці;

д) обставини, пов'язані із зайвою забрудненням повітря в зоні дихання.

Примітки:

1. Небезпека і шкідливість впливу газових компонентів, які забруднюють чисте повітря, на організм працюючого залежать від хімічних властивостей цих газів і парів;

2. Небезпека і шкідливість сприяння аерозолів, забруднюючих чисте повітря, на організм працюючого залежать від їх концентрації, хімічних властивостей, включаючи токсичність і фіброгенного, а для біоаерозолів - спо можності викликати захворювання;

і) обставини, взаємопов'язані з електричним струмом, під дей ствие якого може потрапити працює; та ін.

При розробці макета системи освітлення був використаний паяльник. Робоча частина паяльника здатна сильно нагріватися. Звідси у людини, яка зайнята паянням, з'являється ризик отримати опік при неакуратному використанні паяльника. Також при проведенні роботи гостро постає питання пожежної безпеки. Навіть короткочасне перевищення допустимої для елементів схеми температури може призвести до виходу їх з ладу. Ще гірше буде, якщо це призведе до пожежі. Займання може статися при сильному нагріванні поверхні виробу і/або необережному використанні інструменту. Крім цього шкоду можуть принести пари каніфолі.

Основними факторами, що викликають небезпеку, є підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів і підвищена загазованість повітря робочої зони. Паяльні роботи мають на увазі використання абіетинової кислоти (каніфолі), яка, випаровуючись, може викликати астматичну реакцію. Однак ризик пожежонебезпеки порівняно вище.

Крім цього існують ще такі шкідливі фактори, як монотонність праці та перенапруженість аналізаторів. З точки зору, фізичних перевантажень, людина може відчувати дискомфорт, постійно перебуваючи в сидячому положенні і займаючись роботою, пов'язаною з дрібною моторикою рук. Може почати боліти спина, затікати шия і тому подібне. А з боку нервово-психічних перевантажень, монотонна робота протягом довгого часу погано відкликається на стані людини.

Для зниження ризику до допустимого необхідно забезпечити засоби індивідуального захисту. Робота з припоєм повинна бути в приміщенні, в котом є витяжна вентиляція. Також місце, за яким відбувається робота, має бути добре освітлено, щоб зоровий канал не перевантажувався. Всі електронні прилади повинні бути справні, а кабель паяльника діл- дружин бути розташований так, щоб не торкатися гарячих деталей. Людина, ра- бота з паяльником, повинен на робочому місці дотримувати порядок і з- що зберігаються його чистоту, щоб уникнути ситуацій, які можуть викликати опас- ність загоряння. Нижче наведено аналіз умов праці людини для сниже- ня вищевказаних ризиків.

Список використаних джерел

1. Великий енциклопедичний словник / під ред. А. М. Прохорова. М.: Радянська енциклопедія, 1991. 1628 с.
2. Світлотехнічні електронні прилади та пристрої: метод. указ. / Уклад. Е. А. Смирнов. СПб.: Видавництво СПбГЕТУ "ЛЕТІ", 2010. 48 с.
3. Порівняння світлодіодних ламп з люмінесцентними, галогенними і лампами розжарювання // Svetlix.
URL:http://svetlix.ru/articles/lamps_comparison (Дата звернення: 10.05.2019).
4. Никифоров С. Г. Проблеми, теорія і реальність світлодіодів // Компоненти та технології. 2005. № 5. С. 176-185.
5. Вейнерт Д. Світлодіодне освітлення. М.: Philips 2010.
6. Bluetooth модуль HC-06 схема та характеристики. Принципи та основи використання.
URL:<https://arduino.ua/prod241-bluetooth-modul-hc-06> (Дата звернення: 17.05.2019)
7. Сучасний стан і тенденції розвитку світлодіодів і світлодіодного освітлення // Рубікон. URL:<http://led22.ru/ledstat/LED-NEW.pdf> (Дата звернення: 12.05.2019).
8. Технічна документація світлодіода LED5RGB-KV // Cyfronika.
URL: <https://www.sklep.cyfronika.com.pl/pl/p/LED5RGB-KV-Dioda-LED-RGB-red500mcdgreen500mcdblue500mcd-5mm-WK> (дата звернення: 13.05.2019).
9. Фершільд М. Д. Моделі колірного сприйняття. СПб.: Wiley-IS & T, 2006. 437 ст.
10. Програмування вбудованих систем / С. В. Аргудяев, В. А. Герасим, Д. К. Кострино та ін. СПб.: СПбГЕТУ «ЛЕТІ», 2014. 64ст.
11. Ухов А. А., Кострино Д. К. Мікроконтролери: навч. посібник. СПб.: Изд-во СПбГЕТУ «ЛЕТІ», 2012. 64 с.
12. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартів безпеки праці. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. М.: Видавництво стандартів, 2015.
13. СанПіН 2.2.4.3359-16 // Електронний фонд правової та нормативно-технічної документації.
URL:<http://docs.cntd.ru/document/420362948> (Дата звернення: 20.05.17).
14. СНиП 23-05-95 // Електронний фонд правової та нормативно-технічної документації. URL:<http://docs.cntd.ru/document/1200084092> (Дата звернення: 20.05.2019).
15. Оцінка тяжкості і напруженості трудового процесу за умовами праці // РГУНГ. URL:http://www.gubkin.ru/personal_sites/fedotovie/IKONOM/parp.pdf (дата звернення: 20.05.2019).
16. Керівництво Р 2.2.2006-05 // Електронний фонд правової та нормативно-технічної документації.
URL:<http://docs.cntd.ru/document/1200040973> (дата звернення: 20.05.2019).

ВИСНОВОК

Метою дипломної роботи було створення системи декоративного підсвічування на основі світлодіодним системи з мікропроцесорним управлінням. Крім цього емпірично були досліджені основні характеристики світлодіодів.

З отриманих результатів можна зробити висновок, що за допомогою використання світлодіодів можна отримати найрізноманітніші спектри випромінювання. Варто зазначити, що оскільки у різних напівпровідникових матеріалів є недосконалість внутрішньої структури кристала, вихідні характеристики кожного світлодіода (червоного, зеленого і синього) відрізняються. Тому існує розкид параметрів від зразка до зразка. Але, незважаючи на це вихідна випромінювання RGB-світлодіоди можна регулювати, знаючи по мінали використовуюваного зразка.

Ручні налаштування для зміни спектра випромінювання світлодіодів були незручними, дуже багато залежало від дій людини і зовнішніх факторів, тому було прийнято рішення використовувати макет з мікропроцесорним управлінням. У макеті використовувалися: відладочна плата, яка працює на основі мікроконтролера, система з двох адресних RGB світлодіодних стрічок, що світяться незалежно одна від одної, блок живлення що живить всю установку, плата безпроводного контролю і таймер реального часу що є опціональним і несе в собі демонстративну функцію. Надалі можна помістити установку в пластиковий корпус надрукований на 3Д принтері для кращого захисту світлодіодів від забруднень, проникнення вологи, а також покращення світлонапрявленості та фокусування діаграми спрямованості вихідного випромінювання

За допомогою мікропроцесорного управління вдалось досягти оптимальної можливості регулювання спектра вихідного випромінювання, використовуючи принцип широтно-імпульсної модуляції. Змінюючи частоту імпульсів, вдалось регулювати інтегральну яскравість світлодіодів. Програма з обробником таймеру дозволяє вибирати відразу 5 режимів роботи підсвічування: режим ручного регулювання, режим театрального світла, режим плавної зміни кольору в певному діапазоні, режиму плавної зміни кольору (хамелеон) в повному діапазоні, режим театрального світла з плавною зміною кольорів.

Таким чином, діалектично було доведено, що за допомогою використання світлодіодної системи з'являється можливість отримання великого діапазону зміни кольорів, що є важливим чинником для використання його як джерела акцентного освітлення. Також було створено функціональну частину в вигляді аналогового відображення годинника де переключення між світлодіодами грає роль секундної/хвилинної/годинної стрілки з можливістю

вибору кольору для кожної з них. Для комфортного використання також було реалізовано функцію безпроводного управління з смартфона на операційній системі Android. Це спростило контроль і зміну режимів роботи даючи можливість установці бути самостійною і грати роль декоративного акцентного освітлення.

Додаток 1

Текст коду програми для мікроконтролера:

```
// DS3231 - Version: Latest
#include <DS3231.h>

// Adafruit NeoPixel - Version: Latest
#include <Adafruit_NeoPixel.h>

#ifdef __AVR__
#include <avr/power.h>
#endif

#define PIN      6
#define PIN2     7
#define NUMPIXELS 60

DS3231 rtc(SDA, SCL);
Time t;
int hr;
int mnt;
int sc;
char data;
char color_select;
int h_red_deger = 255;
int h_green_deger = 0;
int h_blue_deger = 0;
int m_red_deger = 0;
int m_green_deger = 255;
int m_blue_deger = 0;
int s_red_deger = 255;
int s_green_deger = 255;
int s_blue_deger = 0;

Adafruit_NeoPixel pixels = Adafruit_NeoPixel(NUMPIXELS, PIN, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
Adafruit_NeoPixel pixels2 = Adafruit_NeoPixel(12, PIN2, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
Adafruit_NeoPixel strip = Adafruit_NeoPixel(60, PIN, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
Adafruit_NeoPixel strip2 = Adafruit_NeoPixel(12, PIN2, NEO_GRB + NEO_KHZ800);

int delayval = 10;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  rtc.begin();

#ifdef __AVR_ATtiny85__
```

```
if(F_CPU == 16000000) clock_prescale_set(clock_div_1);
#endif
pixels.begin();
pixels2.begin();
strip.begin();
strip.show();
strip2.begin();
strip2.show();
}

void loop()
{

while (Serial.available() > 0)
{
delay(10);
char c = Serial.read();
data = c;
if (data == 'm')
{
data = ' ';
t = rtc.getTime();
hr = t.hour;
mnt = t.min;
sc = t.sec;
while (data != 'm')
{
data = Serial.read();
if (data == '+')
{
hr++;
}
if (data == '-')
{
hr--;
}
}
for (int i = 0; i < 12; i++)
{
pixels2.setPixelColor(i, pixels2.Color(0, 255, 10));
}
pixels2.show();
if (hr >= 12)
{
hr = hr - 12;
}
```

```

}
if (hr < 0)
{
hr = hr + 12;
}
pixels2.setPixelColor(hr, pixels2.Color(255, 0, 0));
pixels2.show();
delay(100);
pixels2.setPixelColor(hr, pixels2.Color(0, 0, 0));
pixels2.show();
delay(100);
}
rtc.setTime(hr, mnt, sc);
if (data == 'm')
{
data = ' ';
t = rtc.getTime();
hr = t.hour;
mnt = t.min;
sc = t.sec;
while (data != 'm')
{
data = Serial.read();
if (data == '+')
{
mnt++;
if (mnt == 60)
{
mnt = 0;
}
}
if (data == '-')
{
if (mnt == 0)
{
mnt = 60;
}
}

mnt--;
}
for (int k = 0; k < 60; k++) {
pixels.setPixelColor(k, pixels.Color(0, 0, 0));
}
for (int k = 0; k < 60; k++) {

```

```

pixels.setPixelColor(k, pixels.Color(25, 25, 255));
k = k + 4;
}

pixels.setPixelColor(mnt, pixels.Color(0, 250, 0));
pixels.show();
delay(100);
pixels.setPixelColor(mnt, pixels.Color(0, 0, 0));
pixels.show();
delay(100);
}
}
rtc.setTime(hr, mnt, sc);
data = ' ';
}
if (data == 'H')
{
color_select = data;
}
if (data == 'M')
{
color_select = data;
}
if (data == 'S')
{
color_select = data;
}

if (data == 'A')
{
data = ' ';
colorWipe(strip.Color(255, 0, 0), 50); // Red
colorWipe(strip.Color(0, 255, 0), 50); // Green
colorWipe(strip.Color(0, 0, 255), 50); // Blue

// Send a theater pixel chase in...
theaterChase(strip.Color(127, 127, 127), 50); // White
theaterChase(strip.Color(127, 0, 0), 50); // Red
theaterChase(strip.Color(0, 0, 127), 50); // Blue

rainbow(20);
rainbowCycle(20);
theaterChaseRainbow(50);
}

```

```

if (data == 'r' && color_select == 'H')
{
h_red_deger = Serial.parseInt();
pixels2.setPixelColor(hr, pixels2.Color(h_red_deger, h_green_deger, h_blue_deger));
pixels2.show();
}
if (data == 'g' && color_select == 'H')
{ h_green_deger = Serial.parseInt();
pixels2.setPixelColor(hr, pixels2.Color(h_red_deger, h_green_deger, h_blue_deger));
pixels2.show();
}
if (data == 'b' && color_select == 'H')
{
h_blue_deger = Serial.parseInt();
pixels2.setPixelColor(hr, pixels2.Color(h_red_deger, h_green_deger, h_blue_deger));
pixels2.show();
}
if (data == 'r' && color_select == 'M')
{
m_red_deger = Serial.parseInt();
pixels.setPixelColor(mnt, pixels.Color(m_red_deger, m_green_deger, m_blue_deger));
pixels.show();
}
if (data == 'g' && color_select == 'M')
{ m_green_deger = Serial.parseInt();
pixels.setPixelColor(mnt, pixels.Color(m_red_deger, m_green_deger, m_blue_deger));
pixels.show();
}
if (data == 'b' && color_select == 'M')
{
m_blue_deger = Serial.parseInt();
pixels.setPixelColor(mnt, pixels.Color(m_red_deger, m_green_deger, m_blue_deger));
pixels.show();
}
if (data == 'r' && color_select == 'S')
{
s_red_deger = Serial.parseInt();
pixels.setPixelColor(sc, pixels.Color(s_red_deger, s_green_deger, s_blue_deger));
pixels.show();
}

if (data == 'g' && color_select == 'S')
{ s_green_deger = Serial.parseInt();
pixels.setPixelColor(sc, pixels.Color(s_red_deger, s_green_deger, s_blue_deger));

```

```

pixels.show();
}
if (data == 'b' && color_select == 'S')
{
s_blue_deger = Serial.parseInt();
pixels.setPixelColor(sc, pixels.Color(s_red_deger, s_green_deger, s_blue_deger));
pixels.show();
}
}
t = rtc.getTime();
hr = t.hour;
mnt = t.min;
sc = t.sec;
pixels.setPixelColor(sc, pixels.Color(s_red_deger, s_green_deger, s_blue_deger));
pixels.setPixelColor(mnt, pixels.Color(m_red_deger, m_green_deger, m_blue_deger));
pixels.show();

for (int i = 0; i < 12; i++)
{
if (i == hr)
{
i++;
}
pixels2.setPixelColor(i, pixels2.Color(0, 255, 0));
}
pixels2.show();
if (hr >= 12)
{
hr = hr - 12;
}
pixels2.setPixelColor(hr, pixels2.Color(h_red_deger, h_green_deger, h_blue_deger));
pixels2.show();
delay(10);
pixels.setPixelColor(sc, pixels.Color(0, 0, 0));
for (int k = 0; k < 60; k++)
{
pixels.setPixelColor(k, pixels.Color(0, 0, 0));
}
for (int k = 0; k < 60; k++)
{
pixels.setPixelColor(k, pixels.Color(25, 25, 255));
k = k + 4;
}
pixels.setPixelColor(mnt, pixels.Color(0, 0, 0));

```



```

pixels.show();
}

void colorWipe(uint32_t c, uint8_t wait)
{
  for (uint16_t i = 0; i < strip.numPixels(); i++)
  {
    strip.setPixelColor(i, c);
    strip.show();

    strip2.setPixelColor(i, c);
    strip2.show();
    delay(wait);
  }
}

void rainbow(uint8_t wait)
{
  uint16_t i, j;

  for (j = 0; j < 256; j++)
  {
    for (i = 0; i < strip.numPixels(); i++)
    {
      strip.setPixelColor(i, Wheel((i + j) & 255));
      strip2.setPixelColor(i, Wheel((i + j) & 255));
    }
    strip2.show();

    strip.show();
    delay(wait);
  }
}

// different one, this makes the rainbow equally distributed throughout
void rainbowCycle(uint8_t wait)
{
  uint16_t i, j;

  for (j = 0; j < 256 * 5; j++)    // 5 cycles of all colors on wheel
  {
    for (i = 0; i < strip.numPixels(); i++)
    {
      strip.setPixelColor(i, Wheel(((i * 256 / strip.numPixels()) + j) & 255));
    }
  }
}

```

```

strip2.setPixelColor(i, Wheel(((i * 256 / strip.numPixels()) + j) & 255));
}
strip.show();
strip2.show();
delay(wait);
}
}

```

//Theatre-style crawling lights.

```

void theaterChase(uint32_t c, uint8_t wait)
{
  for (int j = 0; j < 10; j++)
  { //do 10 cycles of chasing
    for (int q = 0; q < 3; q++)
    {
      for (int i = 0; i < strip.numPixels(); i = i + 3)
      {
        strip.setPixelColor(i + q, c); //turn every third pixel on
        strip2.setPixelColor(i + q, c);
      }
      strip2.show();
      strip.show();

```

```

delay(wait);

```

```

for (int i = 0; i < strip.numPixels(); i = i + 3)
{
  strip.setPixelColor(i + q, 0); //turn every third pixel off
  strip2.setPixelColor(i + q, 0);
}
}
}
}

```

//Theatre-style crawling lights with rainbow effect

```

void theaterChaseRainbow(uint8_t wait)
{
  for (int j = 0; j < 256; j++)
  { // cycle all 256 colors in the wheel
    for (int q = 0; q < 3; q++)
    {
      for (int i = 0; i < strip.numPixels(); i = i + 3)
      {
        strip.setPixelColor(i + q, Wheel( (i + j) % 255)); //turn every third pixel on

```

```

strip2.setPixelColor(i + q, Wheel( (i + j) % 255));
}
strip2.show();
strip.show();

delay(wait);

for (int i = 0; i < strip.numPixels(); i = i + 3)
{
strip.setPixelColor(i + q, 0); //turn every third pixel off
strip2.setPixelColor(i + q, 0);
}
}
}
}

// Input a value 0 to 255 to get a color value.
// The colours are a transition r - g - b - back to r.
uint32_t Wheel(byte WheelPos)
{
WheelPos = 255 - WheelPos;
if (WheelPos < 85)
{
return strip.Color(255 - WheelPos * 3, 0, WheelPos * 3);
}
if (WheelPos < 170)
{
WheelPos -= 85;
return strip.Color(0, WheelPos * 3, 255 - WheelPos * 3);
}
WheelPos -= 170;
return strip.Color(WheelPos * 3, 255 - WheelPos * 3, 0);
}

```