

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра дискретной математики и информационных технологий

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ
УПРАВЛЕНИЯ АДРЕСНЫМИ RGB-СВЕТОДИОДАМИ НА БАЗЕ
МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 421 группы
направления 09.03.01 — Информатика и вычислительная техника
факультета КНиИТ
Устимова Ильи Сергеевича

Научный руководитель
ассистент

А. А. Трунов

Заведующий кафедрой
доцент, к. ф.-м. н.

Л. Б. Тяпаев

Саратов 2020

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших технологических достижений по праву можно считать создание искусственных источников света. Их непрерывное развитие прослеживается от создания самых первых прототипов ламп накаливая до наших дней. И важной отметкой можно считать появление светодиодов - полупроводниковых приборов, создающих оптическое излучение при пропускании через них электрического тока в прямом направлении [1].

Особое место среди светодиодов занимают адресные светодиоды. Их ключевое отличие в том, что находясь в одной ленте с другими адресными светодиодами, они могут управляться по отдельности за счет встроенного контроллера. Но существование главной трудности в их применении в виде необходимости более сложного управляющего контроллера, чем для обычных светодиодов, диктует необходимость разработок все более совершенных систем, позволяющих её нивелировать [2].

Основой для реализации программного комплекса может служить, например, решения от Arduino или Raspberry Pi. Микроконтроллеры Arduino является одними из наиболее оптимальных платформ для реализации программно аппаратного комплекса управления адресными светодиодами. В свою очередь, Raspberry Pi представляет из себя полноценный компьютер и также содержит все необходимые инструменты для управления адресными светодиодами.

Актуальность работы заключается в то, что представить современную жизнь человека без искусственных источников света невозможно. Они применяются повсеместно и являются важной частью технологического прогресса. Разработки, связанные с концепцией "умный дом" в последние годы включают в себя в том числе более универсальные источники света, основанные в том числе на адресных светодиодах.

Цель бакалаврской работы - разработать и протестировать программно-аппаратный комплекс, позволяющий управлять лентой из адресных светодиодов WS2812B.

Поставленная цель определила следующие задачи:

- обзор и анализ характеристик и особенностей выбранного светодиода;
- обзор и анализ существующих решений для управления светодиодами;
- выбор платформы и технологий, используемых для разработки кон-

троллера;

- разработка аппаратной части контроллера;
- разработка программной части контроллера;
- программные тестирование программно-аппаратного комплекса.

Теоретическая значимость бакалаврской работы заключается в детальном изучении всех этапов проектирования и разработки электронных устройств на базе микроконтроллеров.

Практическая значимость бакалаврской работы: разработано устройство для управления лентой из адресных светодиодов WS2812B с помощью веб-интерфейса.

Бакалаврская работа состоит из введения, 2 глав, заключения, списка использованных источников и двух приложений. Общий объем работы - 61 страниц, из них 43 страницы - основное содержание, включая 15 рисунков, список использованных источников информации - 20 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первый раздел "Обзор светодиода и существующих решений по работе с ним" приводит техническое описание светодиода WS2812B, особенности работы с ним, а также существующие устройства для этого со стороны реализованных в них функций.

Будучи адресным светодиодом WS2812B представляет из себя источник света, имеющий в основе 3 более мелких светодиода на каждый из цветов схемы RGB и контроллер, отвечающий за их включение, что позволяет включать любой из светодиодов на ленте независимо от остальных. Для определения необходимого функционала программно-аппаратного комплекса были изучены существующие решения и выделены основные режимы работы, которые будут реализованы далее.

Второй раздел "Разработка программно-аппаратного комплекса" содержит в себе описание разработанного программно-аппаратного комплекса, а также примеры его работы.

Первостепенным этапом при разработке является проектирование архитектуры и алгоритма работы системы, а также выбор платформы для её реализации, что описано в данной главе. На основе указанных в ней преимуществ было выбрано решение от Arduino - Arduino Mega 2560. При этом, решено использовать в работе также еще и микроконтроллер NodeMcu v3 [3]. Это обуславливается оптимизацией работы системы - на основе Arduino реализовано устройство, управляющее светодиодами, но не контактирующее с пользователем напрямую, а только получающее управляющую последовательность. Формирует эту самую последовательность на основе выбора пользователя уже NodeMcu. Сама последовательность представляет из себя кортеж из трехзначных чисел не превышающих 888, передаваемых по последовательному порту. В зависимости от этой последовательности, Arduino включает светодиодную ленту в определенный режим [4].

Во второй главе представлено описание используемых в работе платформ NodeMcu и Arduino, а также чипа ESP8266 [5]. Сборка аппаратной части с применением макетной платы также представлена в данном подразделе. Важной особенностью аппаратного комплекса является использования последовательного порта для соединения и передачи данных между платами. Это решение позволило минимизировать использование контактов микрокон-

троллеров, а также дало возможность применять стандартные функции для работы с последовательным портом [6].

Непосредственно программная часть также описывается во второй главе. Для начала стоит определить такое понятие как "скетч". Скетч - это программа, написанная для продукта, поддерживаемого Arduino IDE, и обязательно содержащая 2 функции: `setup()` и `loop()`. Функция `setup()` выполняется на микроконтроллере при его запуске, в то же время функция `loop()` представляет из себя бесконечный цикл, который начинает работать сразу после выполнения всех команд функции `setup()`. Этот принцип определяет архитектуру программ, создаваемых в Arduino IDE. Разработка скетча для Arduino Mega была первоочередной задачей по причине того, что набор данных для тех или иных режимов работы светодиодов определяют информацию, которую должен указать пользователь. При этом, работа с светодиодами с помощью базового функционала Arduino IDE является трудоемкой задачей, разрешить которую позволяют специальные библиотеки. На основе сравнения актуальных библиотек для работы с светодиодами WS2812B было принято решение использовать FastLED [7], как наиболее оптимальную в рамках предусмотренных работой режимов в плане скорости работы. Также она содержит в себе значительный инструментарий, увеличивающий возможности разработчика при программировании режимов работы светодиодов. Важной её особенностью является поддержка сразу двух цветовых моделей - RGB и HSV [8]. Они обе будут использованы в работе, причем пользователь будет работать с моделью RGB как наиболее наглядной, в то время как светодиоды будут управляться функциями, действующими моделью HSV, позволяющую наиболее оптимально перебирать цвета, а также работать с их яркостью [9]. Проблема потери данных в ходе выполнения бесконечного цикла `loop()` была разрешена через применение глобальных переменных, хранящих в себе параметры для работы светодиодов: режим, подрежим, цвета и задержку. Для установления этих параметров реализованы специальные функции-обработчики, каждая из которых преобразует трехзначное число из последовательного порта, передаваемое по одной цифре в виде ASCII кода, в соответствующий параметр. Работа сразу с двумя цветовыми моделями также потребовала реализации отдельной функции для преобразования цвета из RGB в HSV. При этом алгоритм работы системы не предусматривает обрат-

ной конвертации цветов, поэтому программирование обратной функции не требуется.

Алгоритмы, определяющие режимы работы цветов, параметры, требуемые для данных режимов, также представлены в рамках этой главы. Все режимы представляют из себя отдельные функции, выбор которых осуществляется при подаче на Arduino управляющей последовательности. Сама конструкция всех функций следует одной идее: если данный режим был выбран недавно, происходит инициализация посредством вспомогательных функций необходимых параметров, далее происходит выполнение алгоритма работы соответствующего режима светодиодов, выбор которого происходит в рамках функции loop(). Всего было реализовано 8 режимов работы:

- режим постоянного света - постоянная работа светодиодов во включенном состоянии с воспроизведением конкретного цвета;
- режим мерцания - включение определенного цвета на фиксированный отрезок времени, а после - его выключение ровно на такой же временной промежуток;
- режим дыхания - плавное включение определенного цвета и плавное его затухание.;
- режим бегущих огней - включение конкретного цвета на конкретных светодиодах в соответствии с одним из подрежимов, работающих как бесконечный цикл, подробно описанных в подразделе 2.4.4;
- режим случайного цвета - все светодиоды одновременно устанавливаются в случайный цвет через равные промежутки времени, установленные пользователем;
- режим динамичной смены цветов - последовательная установка и включение каждого светодиода в случайный режим в одиночном подрежиме и установка и включение в случайный цвет для каждого светодиода в множественном подрежиме;
- режим радуги - установку светодиодов в цвета радуги в соответствии с подрежимом: в статическом подрежиме цвет каждого светодиода отличается от предыдущего, что в итоге создает на светодиодной ленте последовательность цветов в порядке их следования в радуге, а в динамичном подрежиме все светодиоды устанавливаются в один цвет и происходит плавная смена цвета также в соответствии с цветовой па-

литрой радуги от красного до фиолетового;

- режим сканера - включает в себя два подрежима, в одиночном подрежиме в любой момент времени включен один светодиод с конкретно установленным цветом, который в бесконечном цикле пробегает всю светодиодную ленту с начала и до конца, затем возвращается к началу, в двойном режиме порядок работы повторяет одиночный, но с условием, что светодиодная лента разбивается на 2 части, каждая из которых работает подобно одиночному подрежиму.

Таким образом, реализовано автономное устройство на платформе Arduino, которое на основе управляющих кортежей из трехзначных чисел с определенными значениями, позволяющее управлять лентой из светодиодов WS2812B.

Последним шагом в разработке программно-аппаратного комплекса является программирование скетча для NodeMcu v3. Задача данной платы - реализация интерфейса пользователя в виде веб-интерфейса, доступного с любого устройства в локальной сети [10]. Это возможно благодаря тому, что основой платы NodeMcu является микроконтроллер ESP8266 [11], дающий плате возможность взаимодействовать с другими устройствами посредством Wi-Fi. Средой разработки скетча для платы NodeMcu v3 также будет служить Arduino IDE с использованием пакета библиотек, работающих с ESP8266, который не поддерживается Arduino IDE по умолчанию и также требует установки, что описывается в данном подразделе. При этом, ESP8266 позволяет реализовать на основе NodeMcu отдельный сервер. Эта возможность стала причиной использования NodeMcu в работе и основой для реализации веб-интерфейса. Особенности инициализации сервера, а также подключения к точке доступа сети Интернет представлены более подробно в данном подразделе. Спорной чертой является подключение к беспроводной точке доступа посредством указания непосредственно в скетче ssid точки доступа и пароля доступа к ней. Это, безусловно, ограничивает гибкость устройства. С другой стороны, таким образом реализуется примитивная защита от стороннего вмешательства: пользователь, не имеющий доступа в беспроводную сеть, с которой работает ESP8266, не сможет взаимодействовать с сервером.

Интерфейс пользователя было решено представить в виде веб-страницы. Причем, все веб-страницы, реализуемые в рамках скетча, являются отдельными переменными. Это может быть строковая переменная или массив эле-

ментов типа Char. В работе представлены оба варианта использования. Хранение веб-страниц в виде переменных является ограничивающим фактором, требующим использования минимума ресурсов в следствии того, что память платы NodeMcu v3 ограничена. По этой причине, интерфейс пользователя для каждого режима работы имеет вид веб страницы с набором текстовых форм, в которых он может записать следующие параметры: цвет в RGB модели отдельно по каждому каналу, подрежим, задержку. Также на каждой странице есть форма, содержимое которой не может быть изменено пользователем - это код выбранного режима работы светодиодов. Таким образом, интерфейс работает следующим образом: пользователь изначально заходит на главную страницу, на ней выбирает с помощью нажатия на соответствующую кнопку режим работы светодиодов и на его странице задает все необходимые параметры.

За все взаимодействие пользователя с интерфейсом отвечает веб-сервер, поддерживаемый ESP8266 и дающий возможность разработчику использовать функцию `server.send()`, предоставляющую информацию пользователю от сервера и содержащую 3 параметра:

- цифровой код - код HTTP ответа, который может быть равен, например, 200 или 404;
- тип содержимого - вид HTTP содержимого, такого как текст или изображения;
- содержимое - передаваемое содержимое

Еще одна важная функция - `server.on()`, отслеживая переход пользователя по определенным веб-страницам, расположенным на сервере. На ее основе программируются все обработчики запросов пользователей на сервере. Эти две функции отвечают за все взаимодействия пользователя и сервера. Что же касается самого алгоритма работы сервера, то в первую очередь пользователь должен видеть главную страницу интерфейса управления. Далее, при выборе конкретного режима, сервер еще не отправляет сведения о выборе пользователя. Только после указания всех необходимых параметров выполняется обработка и отправка формы с данными, которые будут формировать управляющую последовательность. На основе изложенного алгоритма были реализованы обработчики и функция обработки форм. Фрагмент кода, соответствующий обработчику открытия главной страницы интерфейса

следующий:

Так функция `server.on()` отслеживает открытие главной страницы пользователем и вызывают функцию `handleRoot()`, которая отправляет пользователю HTML код данной страницы, хранящейся в переменной `postForms`. В целом, обработчики переходов по страницам имеют одинаковую структуру и показаны полностью в приложении Б. После перехода пользователя на страницу какого-то из режимов и заполнения всех полей параметров, происходит обработка заполненных форм посредством функции `handleForm()`.

Таким образом, с помощью функции `handleForm()` выполняется формирование управляющей последовательности и её передача на последовательный порт, где она уже будет получена платой Arduino и обработана. На этом программно-аппаратный комплекс по управлению лентой из светодиодов WS2812B завершен.

Для удобства, фотографии светодиодов сопровождаются соответствующими параметрами, который пользователь должен указать в веб-интерфейсе, и управляющим кортежем, считанным с последовательного порта посредством встроенной в Arduino IDE функции "Монитор порта". На изображениях наглядно видно добавление числа 111 и корректное его соответствие, так как указанные в веб-интерфейсе цвета совпадают с цветами, воспроизводимыми светодиодами. На основании этого можно считать, что программно-аппаратный комплекс по управлению лентой из светодиодов WS2812B работает корректно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С самого зарождения технологий их основным предназначением становится упрощение жизни человека. Одной из наиболее молодых и популярных областей информационных технологий являются разработки, связанные с технологической концепцией умного дома, становящейся все более актуальной в связи с глобальной автоматизацией жизни человека. Не последнюю роль в ней играет и создание искусственных источников света [13].

В работе были выполнены следующие задачи:

- изучены принципы работы с адресными светодиодами;
- изучены вспомогательные библиотеки FastLED и ESP8266;
- с использованием платформы Arduino и микроконтроллера NodeMCU v3 разработан программно-аппаратный комплекс, позволяющий управлять адресной светодиодной лентой WS2812B в разных режимах работы на основе веб-интерфейса;
- успешно проведено тестирование программно-аппаратного комплекса.

Таким образом, все поставленные в ВКР задачи выполнены.

Разработанный программно-аппаратный комплекс управления адресной светодиодной лентой предполагается использовать в источниках искусственного цвета для любых задач, требующих обширного спектра настроек.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Кашкаров А.П. . Устройства на светодиодах и не только/ Кашкаров А.П. – М., ДМК-Пресс 2013. - 208 с.
- 2 КОНТРОЛЛЕРЫ ДЛЯ СВЕТОДИОДНОЙ ЛЕНТЫ [Электронный ресурс]: [сайт]. - URL: <https://www.electrika.ru/>(Дата обращения: 10.04.2020). - Загл. с экр. - Яз. рус.
- 3 Юрьевич, Е.И. Основы робототехники / Е.И. Юрьевич – СПб., БХВ-Петербург 2018.- 304 с.
- 4 Соммер, У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino / У. Соммер – СПб., БХВ-Петербург 2016.- 256 с.
- 5 NodeMcu (ESP8266) [Электронный ресурс]: [сайт]. - URL: <https://edurobots.ru/2017/04/nodemcu-esp8266/> (Дата обращения: 10.04.2020). - Загл. с экр. - Яз. рус.
- 6 Fritzing [Электронный ресурс]: [сайт]. - URL: <https://schem.net/software/fritzing.php> (Дата обращения: 15.04.2020). - Загл. с экр. - Яз. рус.
- 7 GitHub - FastLED [Электронный ресурс]: [сайт]. - URL: <https://github.com/FastLED/FastLED> (Дата обращения: 13.05.2020). - Загл. с экр. - Яз. англ.
- 8 FastLED HSV Colors [Электронный ресурс]: [сайт]. - URL: <https://github.com/FastLED/FastLED/wiki/FastLED-HSV-Colors> (Дата обращения: 25.04.2020). - Загл. с экр. - Яз. англ.
- 9 Фершильд М.Д. Модели цветового восприятия/ Марк Д. Фершильд - СПб., БХВ-Петербург 2004. - 439 с.
- 10 ESP8266 Web Server [Электронный ресурс]: [сайт]. - URL: <https://randomnerdtutorials.com/esp8266-web-server-spiffs-nodemcu/> (Дата обращения: 5.05.2020). - Загл. с экр. - Яз. англ.
- 11 ESP 8266 Arduino Core [Электронный ресурс]: [сайт]. - URL: <https://arduino-esp8266.readthedocs.io/en/latest/esp8266wifi/class-description> (Дата обращения: 5.05.2020). - Загл. с экр. - Яз. англ.

- 12 Server Class [Электронный ресурс]: [сайт]. - URL: <https://arduino-esp8266.readthedocs.io/en/latest/esp8266wifi/server-class.html> (Дата обращения: 5.05.2020). - Загл. с экр. - Яз. англ.
- 13 Дементьев А, «УМНЫЙ» ДОМ XXI ВЕКА / Дементьев А. – М., Издательские решения 2016. – 81 с.