

## Аппаратно-программный комплекс для управления светильниками по протоколу DALI

*М.В. Абрамов, А.Б. Мышонков, И.И. Гордин, И.А. Котлов*

*Национальный исследовательский Мордовский государственный университет*

**Аннотация:** В данной статье приведено описание разработанного аппаратно-программного комплекса для управления светильниками по протоколу DALI, особенности конструкции и программного кода, рекомендации по эксплуатации.  
**Ключевые слова:** протокол DALI, осветительный прибор, управление освещением, Arduino, световой поток.

Приведенное в статье техническое решение будет актуально для управления осветительными установками общего и специального назначения, общедоступными установками; включающими в себя элементы, управляемые по протоколу DALI [1, 2]. Система отличается гибкостью, малыми габаритами, простотой и надежностью конструкции. Использование разработанного устройства позволяет упростить эксплуатацию осветительных установок с большим количеством осветительных приборов за счет централизации управления и адресного подхода, помимо этого, она позволяет производить задание режима работы действующей осветительной установки и обладает большими потенциалами для дальнейшей автоматизации.

Разработанный аппаратно-программный комплекс представляет широкие возможности для управления светильниками по протоколу DALI, а именно:

- Подключение до 64 устройств;
- Возможности объединения светильников в группы;
- Работа с отдельными каналами;
- Возможность инициализации светильников и изменения адресов;
- Возможность изменения светового потока отдельных светильников, группы светильников.

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) – это протокол, предназначенный для управления осветительными приборами. Он использует манчестерское кодирование, при котором каждый бит данных преобразуется из низкого сигнала в высокий или наоборот.

Скорость передачи данных в рамках этого протокола составляет 1200 бит/с. Диапазон напряжений для логической единицы – от  $16 \pm 6,5$  В, а для логического нуля – от  $0 \pm 4,5$  В. Шина DALI всегда находится под напряжением 16 В, иначе все подключённые светильники перейдут в аварийный режим и включатся. К одной шине можно подключить до 64 светильников. Осветительные приборы можно разделить на 16 групп и настроить до 16 различных режимов освещения. Уровень яркости каждого осветительного прибора может варьироваться от 0 до 255. Этот комплекс позволяет отказаться от применения специализированного контроллера и панели управления, обеспечивая управление осветительной установкой с помощью ПК, смартфона и микроконтроллера Arduino Nano [3], а также предоставляет возможность инициализации светильников в системе и назначения им адресов. Разработанное решение состоит из блока управления, включающего в себя микроконтроллер с разработанной программой, электрическую схему для согласования микроконтроллера и блока питания DALI; блока питания шины DALI и подключаемых осветительных приборов [4]. Структурная схема представлена на рис. 1.

Далее будет рассмотрена аппаратная часть блока управления, принципиальная схема которого представлена на рис. 2. Блок управления можно разделить на две части: микроконтроллер с разработанной программой и электрическая схема, осуществляющая согласование Arduino Nano, и блока питания шины DALI. Это необходимо из-за того, что напряжение на выходах микроконтроллера может изменяться в диапазоне от 0 до 5 В, блок питания шины DALI же работает в диапазоне от 9,5 до 22,5 В.

---

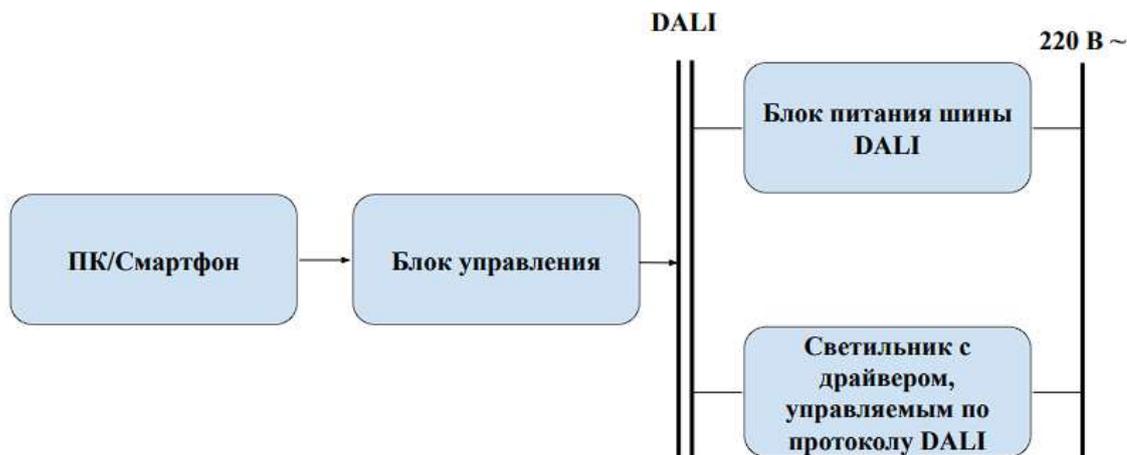


Рис. 1. – Структура разработанного комплекса

Для согласования используется несложная схема на базе биполярного транзистора типа NPN (в данном случае используется КТ601 АМ, также может быть использован 2SC5171). Помимо транзистора, в нее входят резисторы номиналом 68 Ом, 200 Ом, 1 кОм, 3 кОм и 1 светодиод с напряжением питания 3 В. Светодиод необходим для индикации передачи сигнала по шине, транзистор Q1 – для согласования управляющего сигнала микроконтроллера с блоком питания шины DALI. Резистор R3 необходим для ограничения тока через светодиод D1. Резисторы R5 и R1 представляют собой делитель напряжения, его применение обусловлено тем, что аналоговый пин Arduino (A0) имеет предельное напряжение 5 В.

Механизм работы устройства следующий: команда в виде цифрового сигнала со входа D3 микроконтроллера идет на базу транзистора Q1, при этом об отправке сообщения будет сигнализировать светодиод D1. Транзистор позволяет управлять амплитудой напряжения на блоке питания; передача бит данных осуществляется закрытием транзистора на короткие интервалы времени путем перевода цифрового выхода в состояние LOW.

Делитель напряжения из резисторов R1 и R5 позволяет считывать

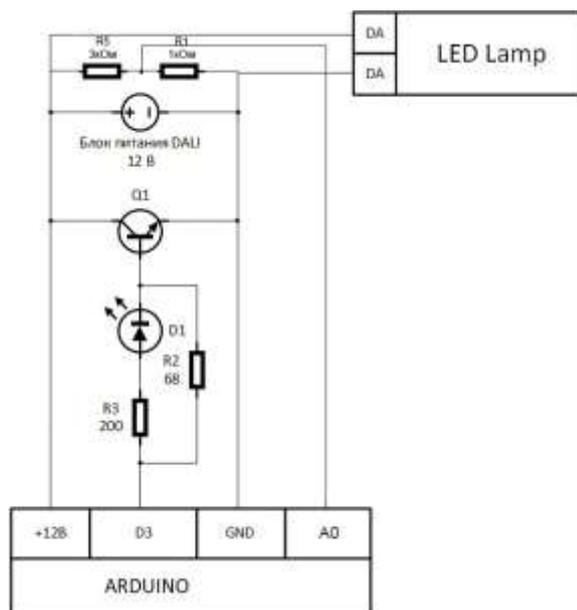


Рис. 2. – Принципиальная схема блока управления

ответные сообщения от светильников, происходит это следующим образом: DALI драйвер светильника при ответе на запрос замыкает линию, в результате напряжение снижается до низкого уровня, что можно зафиксировать с помощью АЦП микроконтроллера, выводом которого в данном случае является А0.

Разработанная схема может работать как со стандартными блоками питания, так и со сторонними с выходным напряжением от 12 до 25 В. При работе со сторонними блоками питания нужно учитывать, что мощные блоки не дают возможности просадить линию, простейшим выходом из данной ситуации является применение резисторов, включенных последовательно с блоком питания, сопротивление резисторов должно быть подобрано таким образом, чтоб светильники могли снизить напряжение в линии до величины 0 ... 4,5 В.

Программная часть разработанного комплекса реализована в среде разработки ArduinoIDE. Для работы с интерфейсом DALI была использована библиотека Dali.h.. Изменение значения светового потока в разработанной программе может осуществляться двумя способами: с помощью обращения к

конкретному светильнику или группе светильников через COM-порт или с помощью задания конкретного значения светового потока для конкретного адреса в заранее определенном массиве. Пример массива представлен на рис. 3.

```
//Первый блок
// Светильник у стены
{27, 222}, // 0 1fr1
{30, 145}, // 1 1r1
{26, 155}, // 2 1b1
{14, 236}, // 3 1w1
// Светильник по центру
{3, 145}, // 4 1r3
{7, 155}, // 5 1b3
{4, 236}, // 6 1w3
// Светильник ближний
{15, 222}, // 7 1fr2
{8, 145}, // 8 1r2
{11, 155}, // 9 1b2
{29, 236}, // 10 1w2
```

Рис. 3. – Массив адресов и значений светового потока

Данное техническое решение находит применение в системах облучения растений для изменения спектра с целью подбора наиболее оптимального спектрального состава излучения для каждого вида растения. С подобными исследованиями можно ознакомиться в публикациях [5-7]. Система эксплуатируется более двух лет в ходе экспериментов по подбору оптимального спектра для выращивания различных видов растений, проводимых в Институте электроники и светотехники ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва» [8], за это время она хорошо себя зарекомендовала и значительно повысила удобство эксплуатации и точность задания спектрального состава излучения лабораторных фитоустановок [9, 10].

### Литература

1. Управление светильниками по протоколу DALI с помощью Arduino / Хабр // URL: [habr.com/ru/articles/321888/](https://habr.com/ru/articles/321888/).
2. Хайнрих М. Возможности светорегулирования по стандарту DALI.



Система Comfort DIM. Тезисы докладов V Международной светотехнической конференции «Свет и прогресс». С.-Пб. 2003. С. 58-63.

3. Мышонков А.Б., Ульянова Н.М. Система автоматизированного управления фотосинтетическим облучением растений. // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики. Материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием в рамках IV Всероссийского светотехнического форума с международным участием. 2017. С. 214-216.

4. Афонин А.А., Мышонков А.Б., Шиков С.А. Принципы построения интеллектуальных систем управления освещением. // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики. Материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием в рамках IV Всероссийского светотехнического форума с международным участием. 2017. С. 199-202.

5. Tikhomirov A.A., Ushakova S.A., Shikhov V.N., Shklavtsova E.S. Conceptual approach to selecting radiation spectrum of lamps for plant cultivation in artificial conditions. // Light & Engineering. 2019. Т. 27. № S1. С. 24-30.

6. Мышонков А.Б., Терехин Д.А., Захватов И.О. Светодиодный световой прибор для фотосинтетического облучения растений с регулируемым спектром излучения. // Научно-технический вестник Поволжья. 2022. № 6. С. 140-142.

7. Кондратьева Н.П., Терентьев П.В., Филатов Д.А., Олонина С.И. Влияние дополнительного светодиодного освещения на урожайность и себестоимость томатов в весенний период. // Светотехника. 2021. № 2. С. 96-99.

8. Kurshev A.E., Bogatyrev S.D., Zheleznikova O.E., Gorbunov A.A., Myshonkov A.B., Prytkov S.V., Lyulyov A.O. Evaluation of photobiological efficiency of spectrum-combined led phyto-irradiators in photo-culture cucumber

---



growing. // Light & Engineering. 2022. Т. 30. № 3. С. 93-100.

9. Айзенберг Ю. Б., Боос Г. В. Справочная книга по светотехнике, 4 изд. перераб. и доп. М.: Знак, 2019, 892 с.

10. Staudt A., Boer J., and Erhorn H. European Committee for Standardization (CEN), Energy performance of buildings. // Energy requirements for lighting, EN 15193:2007, Brussels, 2007, 78 p.

### References

1. Upravlenie svetil'nikami po protokolu DALI s pomoshh'ju Arduino Habr [Control of fixtures using the DALI protocol using Arduino Habr]. URL: /habr.com/ru/articles/321888/.

2. Hajnriz M. Tezisy dokladov V Mezhdunarodnoj svetotekhnicheskoy konferencii «Svet i progress». S.-Pb. 2003. Pp. 58-63.

3. Myshonkov A.B., Ul'janova N.M. Materialy XIII Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem v ramkah IV Vserossijskogo svetotekhnicheskogo foruma s mezhdunarodnym uchastiem. 2017. Pp. 214-216.

4. Afonin A.A., Myshonkov A.B., Shikov S.A. Materialy XIII Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem v ramkah IV Vserossijskogo svetotekhnicheskogo foruma s mezhdunarodnym uchastiem. 2017. Pp. 199-202.

5. Tikhomirov A.A., Ushakova S.A., Shikhov V.N., Shklavtsova E.S. Light & Engineering. 2019. Т. 27. № S1. Pp. 24-30.

6. Myshonkov A.B., Terehin D.A., Zahvatov I.O. Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja. 2022. № 6. Pp. 140-142.

7. Kondrateva N.P., Terentev P.V., Filatov D.A., Olonina S.I. Svetotekhnika. 2021. № 2. Pp. 96-99.

8. Kurshev A.E., Bogatyrev S.D., Zheleznikova O.E., Gorbunov A.A., Myshonkov A.B., Prytkov S.V., Lyulyov A.O. Light & Engineering. 2022. Т. 30.



№ 3. Pp. 93-100.

9. Aizenberg Yu. B., Boos G. V. Spravochnaya kniga po svetotehnike [Reference book on lighting engineering], 4 izd. pererab. i dop. M.: Znak, 2019, 892 p.
10. Staudt A., Boer J., and Erhorn H. European Committee for Standardization (CEN), Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting, EN 15193:2007, Brussels, 2007, 78 p.

**Дата поступления: 13.06.2024**

**Дата публикации: 07.10.2024**