

УДК 621.32



*А.М. Водовозов, В.В. Иванов*  
*Вологодский государственный университет*

### **РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО СВЕТИЛЬНИКА ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ПОДЪЕЗДОВ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ**

В статье предлагается структура, сетевая архитектура и алгоритмы разработанного прототипа светильника для системы управления освещением подъезда. Созданный на платформе Arduino прототип может быть адаптирован для конкретных проектов освещения подъездов многоквартирных домов.

Интеллектуальное освещение, ячеистая сеть, Arduino.

Рост цен на электроэнергию вызывает беспокойство собственников жилья. В этой связи набирают обороты технологии интеллектуального общественного освещения, поскольку попытки их внедрения уже сейчас показывают экономическую эффективность таких решений [1–2]. В частности, можно считать доказанным, что светодиодные светильники резко снижают затраты на освещение, а интеллектуальные светильники могут динамически адаптировать освещение к реальным потребностям людей, уменьшая при необходимости свой световой поток и потребление электрической энергии.

Требуемые уровни освещения в любом помещении носят динамический характер, и соответствующее качество освещения в любое время может быть обеспечено только при активном регулировании яркости излучения. Правильно спроектированная система управления освещением должна поддерживать независимую регулировку яркости светильников за счет диммирования, которое может быть активировано в различных сценариях освещения.

Помимо системы диммирования каждый умный светильник должен быть оснащен двунаправленным коммуникационным интерфейсом, позволяющим осуществить его дистанционное управление независимо от других, а также удаленный мониторинг его функциональных параметров (потребляемая мощность, температура, электрические характеристики). Сеть позволяет передавать и использовать данные, собранные датчиками (освещенность, движение людей, неисправности и т. д.), передаваемые всеми беспроводными устройствами Интернета вещей, расположенными поблизости.

Даже в базовой версии умный светильник должен решать три основные задачи:

– отслеживать в реальном времени свое состояние и электрические параметры;

– управлять потреблением энергии от источника питания, уменьшая в отдельные моменты времени интенсивность света;

– поддерживать коммуникационный канал связи.

Выполнение первой задачи позволяет своевременно проводить техническое обслуживание, что приводит к сокращению простоев и снижению эксплуатационных расходов. Вторая задача позволяет реализовать различные сценарии освещения. Что касается интерфейса связи, то выбор его имеет первостепенное значение, поскольку интеллект освещения, а также стоимость развертывания системы и поддержания ее работоспособности сильно зависят от выбранной коммуникационной технологии. При техническом обслуживании наиболее важной информацией о светильнике являются данные о потреблении энергии, которые формируются путем постоянного измерения электрических параметров прибора. Мониторинг в реальном времени позволит проводить профилактическое обслуживание, избегая дорогостоящих аварийных ситуаций.

Важнейшая задача светильника – управлять освещением по заданному сценарию, достигая желаемой экономии энергии. При этом необходимо адаптировать световой поток к текущей ситуации, которая контролируется специальными датчиками. Такой продвинутый функционал позволяет динамически снижать интенсивность света при соблюдении определенных условий.

Проблемы с подключением светильников можно решить с помощью архитектуры ячеистой сети [3]. В этом случае светильники рассматриваются как беспроводные узлы, которые взаимодействуют друг с другом для эффективной маршрутизации данных и могут динамически, по мере необходимости, подключаться к другим аналогичным одноранговым узлам, находящимся в пределах их диапазона покрытия. Это позволяет использовать каждый светильник для ре-

трансляции информации последовательно шаг за шагом. Типичная ячеистая сеть в сценарии интеллектуального освещения предполагает, что светильники сгруппированы в кластеры, в которых разрешена пошаговая связь между соседними устройствами. Эти коммуникации обычно осуществляются на коротком расстоянии при низкой стоимости связи такими технологиями, как ZigBee или Bluetooth. Поскольку в подъездах многоквартирных домов соседние светильники располагаются близко друг к другу, то указанные архитектуры мало подвержены проблемам с покрытием территории.

Обычно для коммуникаций используется протокол ячеистой сети ZigBee, работающий на частоте 2,4 ГГц, имеющий скорость 5 кбайт/с. Этот протокол обладает свойством автоматической ретрансляции и, если один прибор выходит из строя, остальные ячейки сети продолжают функционировать. Дальность у таких модулей связи достаточно высокая – до 90 метров в помещении и до 4 км в прямой видимости

Ячеистая сеть Bluetooth – одна из самых известных и распространенных технологии беспроводной связи. Она изначально разработана для обеспечения связи «многие ко многим», объединяющей сотни (или даже тысячи) устройств, способных передавать сообщения друг другу. Аналогично ранее описанной технологии ZigBee, Bluetooth устанавливает коммуникационную инфраструктуру, где светильники могут связываться друг с другом для передачи команд, диагностической информации и данных находящимся поблизости умным устройствам. Он работает в диапазоне ISM 2,4 ГГц и использует частоты от 2402 до 2480 МГц.

Для развертывания инфраструктуры интеллектуального освещения требуется выполнить три основных шага: создание эскизного проекта, разработка прототипа устройства, адаптация проекта к конкретным условиям.

На рисунке 1 показана структура светильника, прототипирование которого выполнено на платформе Arduino Uno. Ядром платформы является 8-битный микроконтроллер семейства AVR – ATmega328 с тактовой частотой 16 МГц. Полностью открытая архитектура системы позволяет свободно копировать или дополнять прототип устройства.

Оборудование, которое использовано для управления и связи, состоит следующих модулей:

- датчик освещенности – измеряет уровень естественной освещенности и определяет, когда освещенность падает ниже заданного значения;
- датчики движения – воспринимают активность или движение на территории и срабатывают при обнаружении человека, информируя об этом микроконтроллер;
- микроконтроллер – анализирует информацию со всех датчиков и модуля связи, по которому он получает данные с других контроллеров; на основе полученных данных, следуя алгоритму, заложенному в прошивку, контроллер может отвечать за решения по независимому уменьшению или увеличению интенсивности света;
- коммуникационное оборудование отвечает за обмен информацией между светильниками и отправку ее в центр управления для интерпретации результатов и их сохранения.

Если такое устройство подключено к Интернету, им можно эффективно управлять, а также можно легко идентифицировать его в случае его повреждения или неисправности.

В представленном алгоритме (рис. 2) вначале идет подключение всех необходимых библиотек, задаются порты получения и отправки информации, задается скорость обмена по коммуникационному порту и переменные, необходимые для работы программы. Все перечисленное выполняется один раз при старте программы, а все последующее зафиксировано. При освещенности выше порогового уровня система переходит в режим сна. Пробуждение происходит только тогда, когда уровень освещения становится ниже порогового. После пробуждения проверяется наличие движения в зоне светильника. Если движения нет, то осуществляется переход к следующему шагу. В ходе работы при обнаружении движения освещение будет меняться в сторону повышения или понижения в зависимости от окружающей обстановки. Если движение пропадает на 30 или более секунд, светильник выключается. Если движение появляется до истечения 30 секунд, то освещенность снова корректируется.

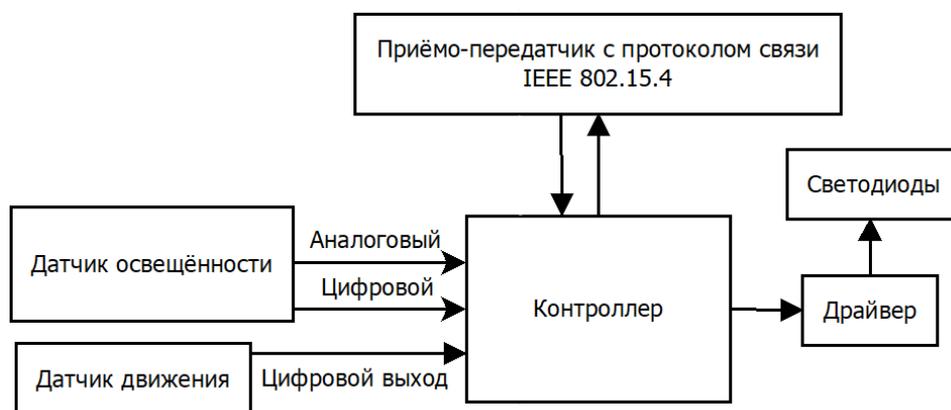


Рис. 1. Структура интеллектуального светильника

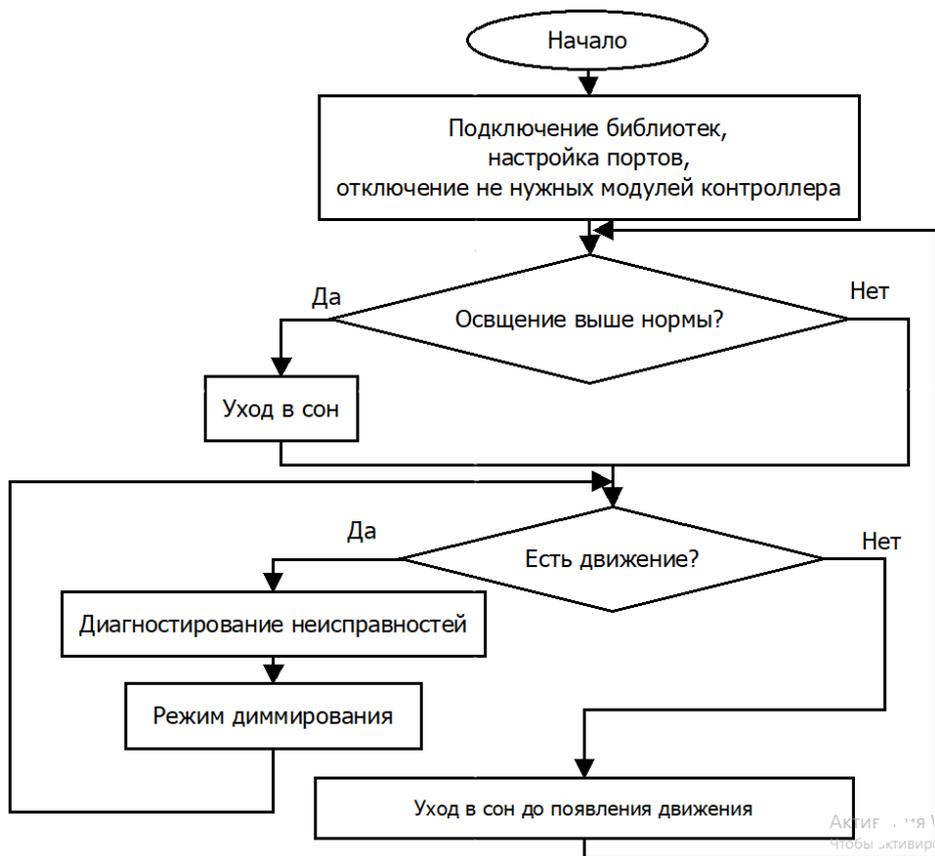


Рис. 2. Алгоритм работы устройства

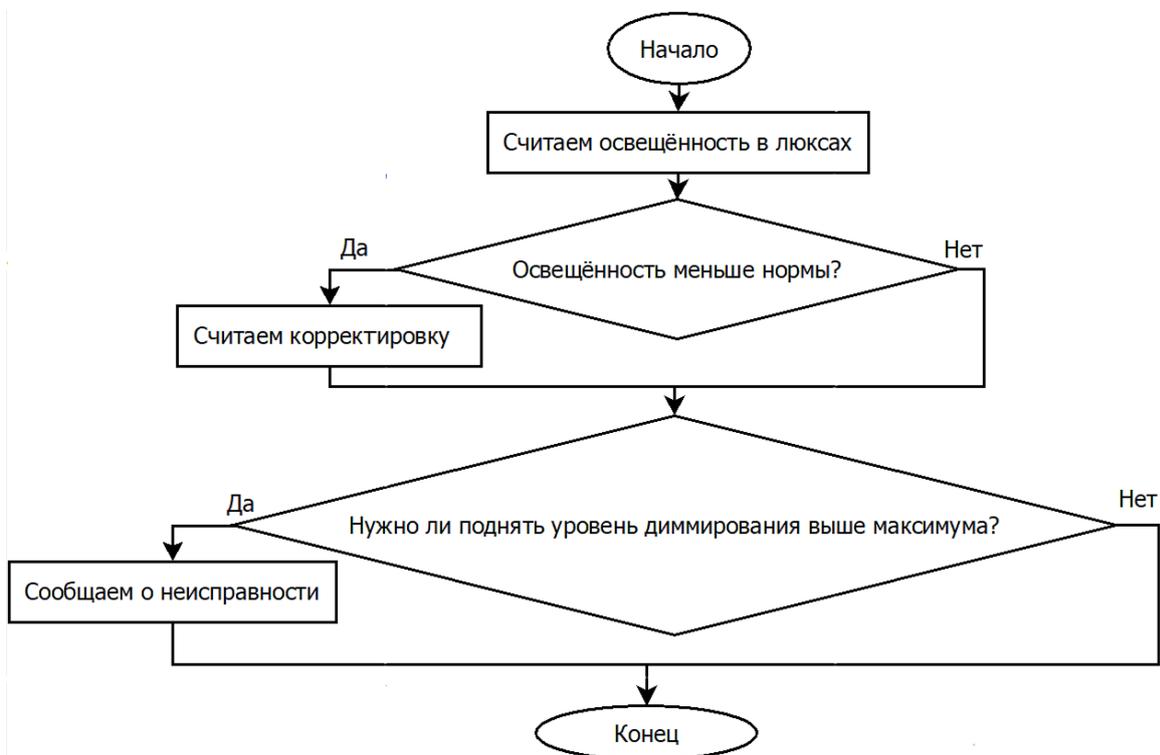


Рис. 3. Схема алгоритма обнаружения неисправности

При диммировании светодиодов используется стандарт 0-10V, который обеспечивает шаг изменения освещенности 10 % и дает возможность полностью выключить светильник. Благодаря тому, что все све-

тильники общаются между собой, можно анализировать скорости перемещения людей между точками освещения и предсказывать, где человек будет через определенное время.

Светильники также могут диагностировать поломки, основываясь на определенных нестыковках показаний данных с датчиков и информации с модуля связи, учтенных в алгоритмах. Например, если установлен светильник с характеристиками, при которых во время максимального режима работы освещенность достаточна, а датчик освещенности показывает, что надо еще повысить уровень света, можно понять, что неисправен датчик освещенности или сам светильник. Пример такого алгоритма показан на рисунке 3.

Здесь на момент захода в цикл идет считывание с порта, подключенного к аналоговому выходу датчика освещенности, и выполняется проверка по минимальному уровню освещения. Если освещенность оказывается ниже нормы, то рассчитывается, на сколько нужно ее повысить. Диагностирование проблемы идет на этом этапе при установке светильника на уровень 100 %, когда освещение должно удовлетворять всем нормам. Если этого не происходит, фиксируется неисправность. При устранении неисправности система перезагружается и возвращается в исходное состояние.

*A.M. Vodovozov, V.V. Ivanov  
Vologda State University*

#### **DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT LIGHT FOR APARTMENT BUILDINGS STAIRWAYS LIGHTING**

The article presents the structure, network architecture and algorithms of the developed lamp prototype for the entrance lighting control system. The prototype created on the Arduino platform can be adapted for specific projects for lighting the entrances of apartment buildings.

Smart lighting, mesh network, Arduino.

Испытания системы показывают, что разработанная на базе Arduino интеллектуальная система управления освещением работоспособна и может быть масштабирована при разработке проектов освещения подъездов в условиях конкретного дома.

#### **Литература**

1. Burtsev, A. Wireless sensor network for street lighting control / Burtsev A., Kolesnichenko D., Vodovozov A., Akhmetov T. R. // ACM International Conference Proceeding Series. Proceedings Papers - 3rd International Scientific and Practical Conference, DEFIN 2020. – 2020.
2. Водовозов, А. М. Интеллектуальная система уличного освещения на основе парадигмы Интернета вещей / А. М. Водовозов, А. В. Бурцев // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2021. – № 3 (102). – С. 7–17.
3. Образцов, С. А. Децентрализованная беспроводная система управления наружным освещением / С. А. Образцов, Д. И. Панфилов // Светотехника. – 2012. – № 1. – С. 32–36.