

Разработка концепции источника освещения на базе Arduino Uno, автоматически поддерживающего заданный уровень освещенности

Бычкова И.В.¹, Колина В.²
 irinka100@gmail.com|vkolina@gmail.com
¹НИТУ «МИСиС», Москва, Россия

В данной статье рассматривается алгоритм создания автоматизированного светодиодного источника освещения, позволяющего поддерживать заданный уровень освещенности рабочего пространства. Описывается принципиальный механизм работы и точность измерений, определенная эмпирическим путем. Это не законченный рабочий проект, а его концептуальная разработка.

Ключевые слова: автоматизация освещения, микроконтроллер, освещенность, светодиоды

Development of concept of light source based on Arduino Uno, which automatically keeps indicated level of illumination

In the article there is considered an algorithm of development of automatic photodiode light source, which would keep indicated level of work space illumination. A principal working mechanism is described and accuracy in measurement is defined the empirical way. This is not finished working project, but it's conceptual lay-out.

Key words: lightning automation, microcontroller, illumination, photodiodes

1. Введение

Автоматизация освещения, занимающего значительную долю в современном энергопотреблении, позволяет более эффективно использовать энергетические ресурсы, что приводит к их рациональной экономии [1]. Одним из способов сокращения избыточных электрозатрат является контроль режима работы источников освещения посредством использования различных датчиков, что часто применяется в проектах «умного дома».

В данной статье рассматривается концепция автоматизации работы источника света, применимая для стационарных светильников. Использование данной схемы освещения позволяет контролировать уровень освещенности в рамках заданного значения путем изменения входного напряжения.

2. Оценка уровня освещенности

Необходимый уровень освещенности рабочей зоны зависит от параметров, определяющих уровень зрительной работы, таких как точность и разряд зрительной работы, характер фона и размер объекта различения [2]. Данный параметр является стандартизированным для каждого рода деятельности, и может считаться эталонным значением, константой, к которой необходимо стремиться. Эта величина должна быть определена предварительно при проектировании режимов работы светоисточника.

Для оценки изменения уровня освещенности используют один из трёх типов устройств: фоторезистор, фототранзистор или фотодиод [3]. В данном исследовании средством оценки освещенности выступал цифровой 16-битный датчик освещенности bh1750, в корпус которого встроен фотодиод. Преимуществами данного датчика является его высокая чувствительность и слабая подверженность влиянию инфракрасного излучения, что говорит о близости воспринимаемого им спектрального диапазона к тому, который воспринимается человеческим глазом. Значения на выходе передаются уже в люксах, в отличие от большинства альтернативных устройств,

результаты работы которых поступают в неопределенных единицах измерения. Исходя из технической документации, bh1750 способен измерять освещенность в диапазоне от 1 до 65 535 лк (на практике, при использовании датчика «как есть», без внесения модификаций в стандартную библиотеку, максимальное значение освещенности, которое удалось зафиксировать, составило 54 612 лк).

Принципиальная схема подключения датчика к плате указана на рис. 1.

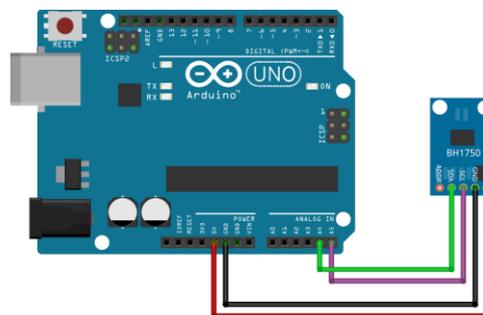


Рис. 1. Схема подключения датчика освещенности к Arduino Uno

3. Регулирование яркости светодиода

Как известно, освещенность – это величина, зависящая от силы света источника освещения (I), угла падения света (γ) и расстояния от освещаемой им поверхности (r) [4]:

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \gamma. \quad (1)$$

Для упрощения расчета и условий проведения эксперимента, в данном исследовании предполагается расположение источника освещения перпендикулярно освещаемой им поверхности, что приводит формулу (1) к следующему виду:

$$E = \frac{I}{r^2}. \quad (2)$$

Сила света, в свою очередь, находится в зависимости от телесного угла (Φ) и светового потока (w):

$$I = \frac{d\Phi}{dw}. \quad (3).$$

Где телесный угол можно определить, зная двойной угол половинной яркости (θ):

$$w = 2\pi(1 - \cos(\theta/2)). \quad (4).$$

А световой поток, в свою очередь, зависит от напряжения. Следовательно, если принять положение источника освещения статичным, уровень освещенности изменится вследствие изменения входного напряжения источника питания.

В рамках исследования был проведен ряд замеров освещенности с использованием четырех различных светодиодов при подаче напряжения от 0 до 5 В с шагом 0,5 В (рис. 2 и 3). Для проведения измерений светодиоды помещались в закрытую камеру, в которую не попадал свет извне, в которой на фиксированной высоте был установлен датчик освещенности bh175.

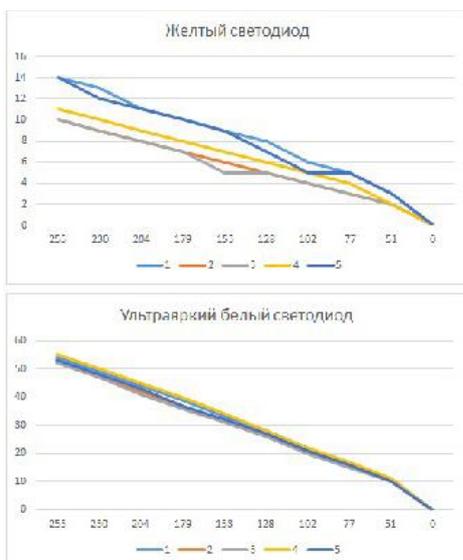


Рис. 2. Замеры освещенности желтого и белого светодиодов

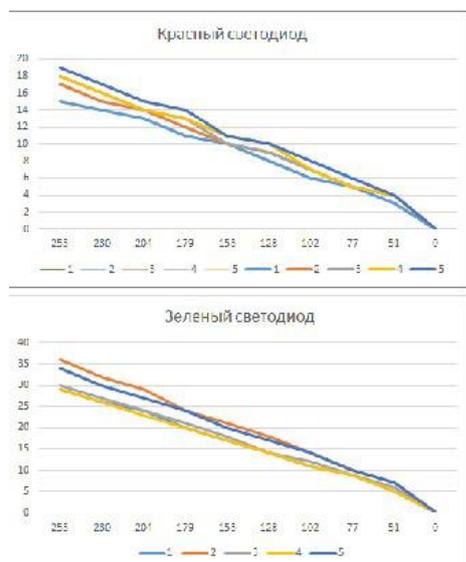


Рис. 3. Замеры освещенности красного и зеленого светодиодов

Результаты измерений показали, что при одинаковых условиях разница показаний люксметра для одного и того же светодиода может колебаться в пределах 4 лк. Данная погрешность обусловлена выбранным режимом работы

датчика, позволяющим производить замер освещенности с максимальной скоростью: 16 мс/замер.

Для проверки точности показаний датчика, с использованием заданных производителем светодиодов значений светового потока – количества света излучаемого источником света (5-7 лм) и двойного угла половинной яркости (110° - 120°), а также заданным в рамках опыта расстоянием от источника света до датчика (0,2 м), был произведен расчет освещенности, который показал, что в среднем освещенность от такого источника освещения должна составлять 46,7...65,3 лк, что соответствует экспериментальным значениям.

Помимо уровня освещенности была произведена оценка коэффициента пульсаций, по формуле:

$$K = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\text{ср}}} 100\%. \quad (5),$$

где E_{\max} – максимальное значение освещенности, лк,
 E_{\min} – минимальное значение освещенности, лк,
 $E_{\text{ср}}$ – среднее значение освещенности, лк.

Был произведен расчет значений освещенности для пяти одновременно работающих сверхъярких светодиодов для всех входных значений напряженности (с шагом 0,5 В), всего 185 замеров для каждой позиции. С использованием формулы (5) был произведен расчет коэффициента пульсаций, показавший, что данный показатель находится в пределах нормы (не превышает 10%), результаты представлены в Табл 1.

U, В	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
E_{\max}	48	70	93	114	137	160	179	200	220
E_{\min}	46	70	91	114	135	157	177	199	219
$E_{\text{ср}}$	46,93478	70	92,02717	114	136,0163	158,375	178	199,1413	219,0707
K	4,261232	0	2,173271	0	1,470412	1,894238	1,123596	0,502156	0,456474

Табл. 1. Расчет коэффициента пульсации

4. Разработка опытного образца

Для имитации принципа работы функции автоматизированного поддержания освещенности был собран опытный образец на базе Arduino Uno. К плате было подключено пять сверхъярких светодиодов белого цвета и датчик освещенности.

Для работы одного такого светодиода необходим ток 20 мА, а его рабочее напряжение составляет 3..3,2 В. Поскольку с одного порта платы Arduino Uno можно получить не более 40 мА, каждый светодиод был подключен к отдельному порту, дающему на выходе ШИМ-сигнал (широтно-импульсная модуляция).

Был произведен расчет сопротивления резистора с учетом рабочего напряжения платы 5 В по закону Ома для последовательного соединения цепи:

$$I = \frac{U}{R} \quad (5),$$

где U – напряжение на резисторе, В

I – сила тока в цепи, А.

В соответствии с полученным значением 100 Ом, оказалось, что рекомендуемый для применения к другим светодиодам резистор номиналом 220 Ом является избыточным для данного светодиода, что приводит к его работе вполсилы.

Для работы микроконтроллера был запрограммирован следующий алгоритм:

- 1) датчик считывает уровень освещенности с интервалом в 1 с.;
- 2) полученное значение сравнивается с заданной константой (в данном случае значение константы было равно 300 лк – требуемый уровень освещенности для офиса);

- 3) если полученное значение освещенности больше или равно требуемому, микроконтроллер не принимает никаких действий и возвращается к шагу 1; если полученное значение меньше требуемого, на светодиодах начинает подаваться напряжение (с шагом 0,5 В) до тех пор, пока не будет достигнут требуемый уровень освещенности или подаваемое напряжение не составит максимально возможные 5 В.

5. Заключение

По результатам проведенного исследования стало понятно, что желаемая концепция устройства, регулирующего уровень освещенности может быть разработана на базе Arduino Uno. Описанный алгоритм работы является пробным вариантом и требует определенного ряда доработок, таких как автоматизация измерения расстояния от источника света до поверхности, увеличение точности измерений, создание возможности переключения между режимами работы, для того, чтобы являться полноценным рабочим образцом, однако уже на этом этапе можно сказать, что подобный подход позволяет осуществить основную задачу – поддержание заданного уровня освещенности. Следовательно, исследования в этом направлении будут продолжаться.

6. Литература

- [1] Кунгс Я. А. Автоматизация управления электрическим освещением. М: Энергоатомиздат, 1989, 5 с.
- [2] СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»
- [3] Киреев П. С. Физика полупроводников. М.: Высшая школа, 1975, 584 с.
- [4] Кнорринг Г.М., Фадин И.М., Сидоров В.Н. Справочная книга для проектирования электрического освещения. СПб. Энергоатомиздат, 1992, 23 с.

Об авторах

Бычкова Ирина Владимировна, научный руководитель, старший преподаватель кафедры автоматизации проектирования и дизайна факультета информационных технологий и автоматизированных систем управления национального исследовательского технологического университета, irinka100@gmail.com.

Колина Виктория, магистрант кафедры автоматизации проектирования и дизайна факультета информационных технологий и автоматизированных систем управления национального исследовательского технологического университета «МИСиС», vkolina@gmail.com.