




Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет Энергетический  
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

УТВЕРЖДАЮ

И.о.зав. кафедрой

  
подпись

О.В. Скрипко  
И. О. Фамилия

« 26 » 06 2021 г.

### ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента 741 группы Трушенкова  
Максима Александровича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Автоматизированная  
система управления освещенности помещения (комплексная бакалаврская  
работа)

от 23.04.21. № 812-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы: 15 июня 2021 года.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:  
Автоматизированная система управления освещенности помещения

4. Содержание выпускной квалификационной работы:

1) Разработка системы управления естественным и искусственным  
освещением

2) Разработка внутренней системы освещённости помещения

3) Разработка программно – аппаратного управления естественным и  
искусственным освещением

4) Разработка принципиальной электрической схемы;

5) Подбор и описание оборудования

5. Перечень материалов приложения (наличие чертежей, таблиц, графиков,  
схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.):

Лист 1: План помещения и используемые светильники

Лист 2: Проектирование внутренней системы освещения помещения

Лист 3: Оборудование системы

Лист 4: Принципиальная электрическая схема

Лист 5: Вид системы в proteus


Лист 6: Блок схемы алгоритмов управления

6. Дата выдачи задания 02.11.2020

Руководитель выпускной квалификационной работы: Штыкин Михаил Дмитриевич, доцент, канд. тех. наук

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата): 02.11.2020



(подпись студента)

## РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 67 страницы текстового документа, 31 рисунок, 12 таблиц, 10 источников.

Ключевые слова: УМНЫЙ ДОМ, СИСТЕМА, УПРАВЛЕНИЕ, КОНТРОЛЬ, ОСВЕЩЕНИЕ, ARDUINO, ДАТЧИК, МИКРОКОНТРОЛЛЕР.

Решаемые задачи в рамках выпускной квалификационной работы:

- разработать систему управления естественным и искусственным освещением;
- провести выбор комплектующих системы.
- основные требования к разрабатываемой конфигурации системы:
- обеспечить программно-аппаратное управление естественным и искусственным освещением;
- спроектировать систему для конкретного сооружения.

По ходу выполнения выпускной квалификационной работы был произведен анализ существующих систем, выявлены их плюсы и минусы, обоснован выбор принятого решения. Созданы схемы подключения датчиков и исполнительных устройств к микроконтроллеру (МК). Разработана программа, регулирующая автоосвещение.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Анализ технического задания	8
1.1 Обзор аналогов	8
1.1.1 Ростелеком RT0003	8
1.1.2 Компания HDL	9
1.2.2 Сведения об условиях эксплуатации объекта автоматизации	12
2 Проектирование внутренней системы освещения помещения	14
2.1 Проектирование системы на определенном объекте	14
2.2 Проектирование освещения прихожей комнаты	16
2.3 Проектирование освещения на кухне	17
2.4 Проектирование освещения в столовой	18
2.5 Проектирование освещения в малом зале	19
2.6 Проектирование освещения в основном зале	21
2.7 Проектирование освещения в ванной комнате	23
2.8 Проектирование освещения в туалете	24
2.9 Проектирование освещения в спальном комнате	26
3 Подбор оборудования	29
3.1 Общая структура системы	29
3.2 Обоснование принятого решения	29
3.3 Arduino	30
3.4 Выбор и описание используемых датчиков	34
3.4.1 Датчик освещенности	34
3.4.2 Датчик движения сHC-SR501	35
3.4.3 Драйвер двигателей	37
3.4.4 Мотор-редуктор	39
3.4.5 Реле	39
3.4.6 Концевой выключатель	40
3.4.7 Бытовой выключатель	41

4	Разработка алгоритмов функционирования системы и ПО	42
4.1	Словесное описание алгоритма работы	42
5	Разработка ПО и моделирование системы	49
5.1	Разработка программного обеспечения	49
5.2	Моделирование системы	49
6	Безопасность жизнедеятельности	52
7	Общая экономическая часть	60
	Заключение	64
	Библиографический список	65

## ВВЕДЕНИЕ

Во все времена люди старались сделать свой дом комфортным для проживания. С развитием технологий появились новые и более совершенные устройства, повышающие уровень комфорта и безопасности проживания в домах. Со временем отдельные устройства стали объединять в системы, и сегодня системы домашней автоматизации представляют собой сложное сочетание передовых технологий и современных систем управления.

Определение «умный дом» было создано в начале 1970-х годов в Институте «интеллектуальных зданий» и означало здание, обеспечивающее продуктивное и эффективное использование рабочего пространства.

Современные системы «Умный дом» построены вокруг управляющей компании, которая контролирует все системы в соответствии с параметрами, заданными пользователем и внешними факторами. Интеллектуальный дом контролирует климат, освещение, безопасность и обеспечивает беспроводную связь с пользователем через Интернет или мобильные сети.

Все это стало возможным благодаря массовому развитию технологий интеллектуальных систем управления домом, протоколов обмена данными, программного обеспечения, мобильных устройств, высокоскоростного интернета.

Интеллектуальное освещение - это технология освещения, направленная на повышение энергоэффективности и комфорта использования источников искусственного света, достигаемая за счет использования автоматизированного управления и датчиков освещенности.

Первые типы автоматического освещения появились еще в 20 веке, но появление «умного освещения» можно приурочить лишь к 2010-2012 годам.

Для управления освещением используются: выключатели, диммеры, датчики (освещенности, движения, инфракрасные, звука), модули связи (Bluetooth, Wi-Fi, радиосигналы), HUB-порты.

Использование датчиков освещенности в цепи освещения позволяет реализовать простейшую функцию «умного освещения» - самостоятельно включать и выключать освещение тогда, когда это нужно, что активно используется в уличном освещении. Добавив датчики движения и инфракрасные камеры, свет начнет включаться при появлении или нахождении человека в помещении.

Применение - общественные коридоры, туалеты, автобусные остановки, залы ожидания и т. Д. Подключив сеть освещения к программируемой системе, можно включать, контролировать и выключать свет в зависимости от времени суток, которое используется в офисах и на предприятиях. Одна крайняя возможность интеллектуального освещения - это взаимодействие источников с человеком и другими устройствами по радио, Wi-Fi, Bluetooth или другим устройствам.

Благодаря пульту или смартфону пользователь может настроить яркость и цвет источника света, тем самым создать приятную обстановку и осветить определенный предмет.



# 1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

Целью данной работы является создание системы управления естественным и электрическим освещением в помещении усадебного типа.

Система должна отвечать следующим требованиям:

- реализация на типовом контроллере;
- привязка к конкретному сооружению;
- предусмотреть ручное и автоматическое управление освещением;
- исполнительные устройства - осветительные приборы вне и внутри помещения;
- программно-управляемые жалюзи на окнах.

## 1.1 Обзор аналогов

Существует большое количество различных устройств, связанных с управлением освещением и не только. Все они связаны между собой МК, который ими управляет, кроме освещения, например, он может управлять автоматическим открыванием дверей, управлением бытовой техникой, системами наблюдения и безопасности и т. д. Рассмотрим несколько подобных устройств.

### 1.1.1 Ростелеком RT0003

Продукт «Ростелекома» укомплектован в небольшую фирменную коробку. В базовый набор входят центральный контролер (рисунок 1.1), датчик открытия и датчик движения. В дальнейшем можно доукомплектовать систему дополнительными датчиками, которые существенно расширят доступный функционал.

Центральным «пультом управления» является контролер с протоколом Z-WavePlus. Устройство способно одновременно взаимодействовать с 230 датчиками Z-Waveи подключается к интернету через кабельный канал или Wi-Fi. Контроллер умеет управлять устройствами на расстоянии до 100 метров на улице и до 40 метров в помещении.

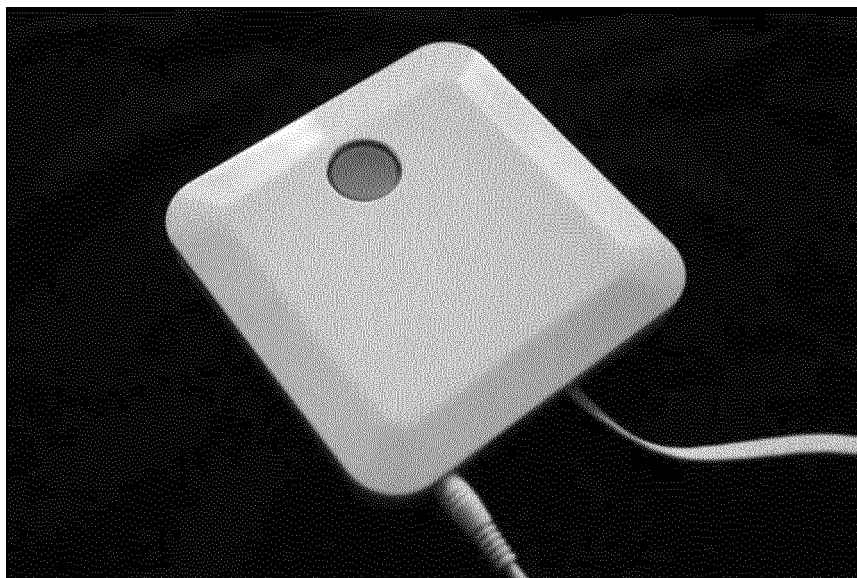


Рисунок 1.1 - Контролер Ростелеком

Основное преимущество контроллера с протоколом Z-WavePlus— возможность подключения любых других устройств с поддержкой данного протокола, который был создан для дистанционного управления бытовой электроникой с использованием миниатюрных радиочастотных модулей. Таким образом, систему можно расширить в любой момент.

Управлять всеми подключенными устройствами можно с помощью личного кабинета через браузер или мобильные приложения для Androidили iOS.

#### 1.1.2 Компания HDL

HDL— крупная международная организация, являющаяся производителем систем автоматизации «Умный Дом». Компания HDLсуществует с 1985 года. С момента создания организации и до 2008 года автоматизированная система имела название «HDL-BUS» и распространяла свою продукцию на территории Китая, Германии (под названиемPreussenAutomation)и нескольких других стран. На сегодняшний день является масштабной компанией, которая производит современные системы автоматизации зданий и профессиональные системы управления освещением.

В различных подразделениях компании HDLработают десятки инженеров-разработчиков, которые обеспечивают технологическое и

функциональное преимущество оборудования по отношению к лучшим мировым конкурентам. Компания представлена практически во всем мире. HDL имеет офисы в более чем 90 странах, в том числе и в России. Официальный дистрибьютор оборудования завода HDL в России – «ООО HDL Автоматизация».

В 2009 году продукция HDL была представлена в России на выставке Hi-Tech-Building. С тех пор успешно реализовано несколько тысяч проектов, накоплен большой опыт установки и эксплуатации систем умного дома HDL в российских условиях. Также в московском офисе компании HDL постоянно проводятся обучающие курсы, по окончании которых выдается сертификат о прохождении обучения от производителя. Головной офис компании находится в китайском городе Гуанчжоу и является полностью оборудованным смарт-зданием, в котором представлены самые последние технологии HDL.

Компания HDL производит устройства для автоматизированного управления следующими инженерными системами:

- освещение: включение, отключение, регулировка яркости, выбор сценариев освещения;
- климат: управление сервоприводами, системой вентиляции и кондиционирования;
- шторы: автоматическое открывание и закрытие;
- управление музыкой и видео: управление различными аудио системами;
- обеспечение безопасности: датчики разбития стекла (окна), дверные датчики. Также система может имитировать присутствие хозяина дома, когда его там нет, открывая шторы и оперируя светом.

В производстве завода идет разработка «HDL Buspro» - распределенная система управления построением сетей «Умный дом», управление освещением, климатом, системой безопасности. «Распределенный» означает, что центральный процессор не требуется, весь интеллект встроен в эквивалентные устройства, расположенные в разных местах. Это на порядок увеличивает надежность

системы, делает ее гибкой и легко расширяемой. Все устройства подключаются кабелем Cat5eUTP или 4-проводным экранированным кабелем KNX, где 2 провода используются для передачи данных, а 2 - для питания. Напряжение питания сети HDLBuspro находится в диапазоне 8-32 В постоянного тока. Между собой можно соединить около 15 000 устройств, длина кабеля передачи данных до 255 км. Сеть расширяется сетевыми мостами IP, которые подключены к сети Ethernet. Система HDLBuspro совместима с ведущими мировыми протоколами через стандартные шлюзы: TCP / IP, RS232, RS485, KNX / EIB, ZigBee.

Вся система управляется устройствами на базе операционных систем iOS, Android, Windows и браузером любого устройства. Чтобы управлять своим домом удаленно, вам необходимо использовать программу iRidium. iRidium - это приложение для смартфонов, планшетов и компьютеров, которое позволяет полностью удаленно управлять системами дома независимо от расстояния и времени суток. iRidium для HDLBuspro - это набор инструментов, которые можно использовать для создания интерфейса для управления домашними или офисными системами на основе устройств HDL. Программное обеспечение iRidium для HDLBuspro позволяет приложениям на платформе операционных систем iOS, Android или Windows подключаться к шине HDL через любой IP-интерфейс HDL. В этом случае количество одновременных подключений по интерфейсу не ограничено. В последние годы завод HDL считается одним из самых быстрых в мире заводов по автоматизации контроля роста. В настоящее время HDL предлагает решения в четырех основных категориях:

- система автоматизации зданий или помещений HDLBuspro;
- система для автоматизации зданий, помещений европейского стандарта HDLKNX/EIB;
- беспроводная система управления HDLWireless;

Проекты, использующие автоматическую систему управления зданием HDL, включают жилые и многоквартирные дома. Мы также реализуем проекты

по автоматизации общественных мест, таких как отели, выставочные центры или музеи.

## **1.2 Характеристика объекта автоматизации**

### **1.2.1 Краткие сведения об объекте автоматизации.**

Система автоматического управления освещением состоит из следующих объектов:

– интеллектуальный источник питания;

– устройство преобразования инфракрасного сигнала пульта дистанционного управления в радиосигнал управления системы питания светильников;

– устройство преобразования радиосигнала управления в сигнал интерфейса, обеспечивающего передачу данных по проводам питающей сети 220 В, 50 Гц к каждому из светильников помещения;

– инфракрасный пульт дистанционного управления;

– умные выключатели;

– умные диммеры;

– умные лампы;

– светодиодные ленты.

### **1.2.2 Сведения об условиях эксплуатации объекта автоматизации**

В аналогово настроенном СУО отправленные вручную управляющие команды или сигналы от датчиков передаются на управляющие входы пусковых установок в виде постоянного напряжения 1-10 В, вызывая некоторое изменение светоотдачи и уровня освещения. Практически любой светочувствительный элемент может работать как датчик света. Часто используются фоторезисторы и фотодиоды. Эти датчики чувствительны к общему уровню света, создаваемому искусственным и естественным светом. При повышении уровня естественного освещения датчики уменьшают световой поток светильников или полностью их выключают. Эта функция обеспечивает постоянный уровень освещения на рабочем месте, который рабочие могут изменять вручную. Ручная регулировка

чаще всего выполняется пультами дистанционного управления с инфракрасными датчиками или фиксированными потенциометрами, установленными на переключателях на стенах или непосредственно на рабочих местах сотрудников. Датчики движения и присутствия предназначены для автоматического отключения осветительных приборов при отсутствии людей в помещении в течение определенного периода времени. Эти датчики бывают активными (с прерывистым лучом или инфракрасным излучением) и пассивными (чувствительными к тепловому излучению человека). Время суток, недели и сезоны отсчитываются по часам реального времени, встроенным в систему управления освещением.

Цифровое управление, в отличие от аналогового, позволяет, помимо управления уровнем освещения, программировать освещение, а также осуществлять адресное управление осветительными приборами. Об этом пусковые установки запоминают необходимый уровень мощности источников света и при следующем запуске включают лампы согласно этому уровню. При цифровом регулировании сигналы представляют собой последовательность из нескольких закодированных в цифровом виде импульсов напряжения.

Оба описанных варианта регулировки могут применяться одновременно. Сигналы согласовываются друг с другом с помощью преобразователей (аналого-цифрового или цифро-аналогового).

## 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕЙ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЯ

### 2.1 Проектирование системы на определенном объекте

Система будет располагаться в одноэтажном доме усадебного типа с приусадебными строениями

Представим общий план квартиры (рисунок 2.1), в которой необходимо установить осветительные приборы. Высота потолков в каждой из комнат равна 2,40 метра.

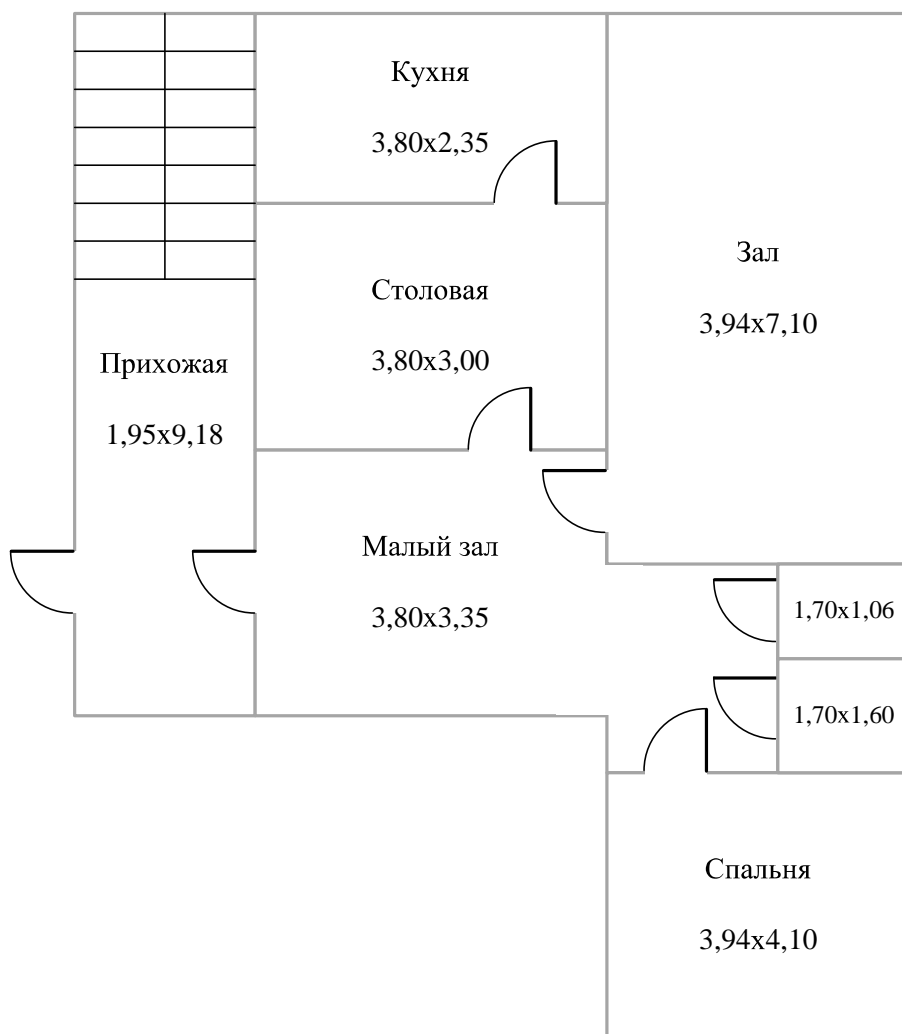
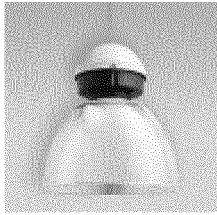
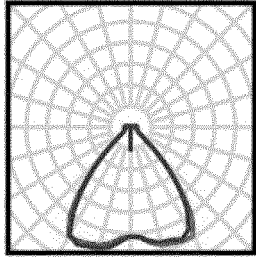
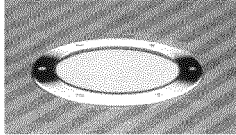
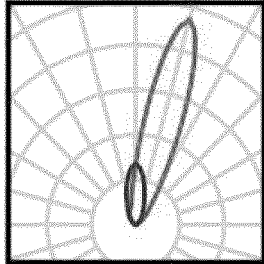
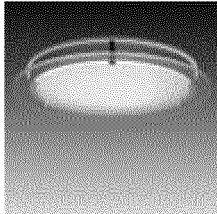
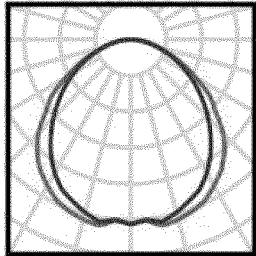
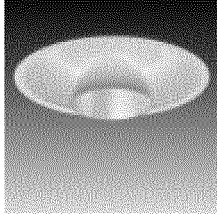
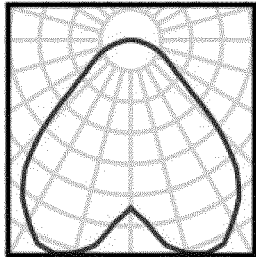
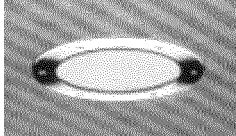
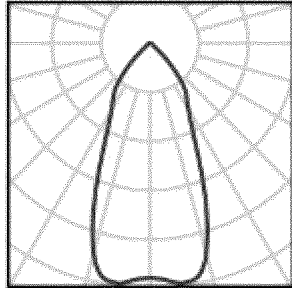


Рисунок 2.1 – План квартиры

Светильники, которые были использованы приведены в (таблице 1)

Таблица 1– Используемые светильники

Количество, шт	Общие сведения	Вид	Распределение света в пространстве
2	DIAL 16 CyberDeco Световой поток: 11278 lm Мощность светильников: 270 W Комплектация: 1 x HIE 250W		
4	DIAL 17 1 HIT 35W Световой поток: 2036 lm Мощность светильников: 42 W Комплектация: 1 x HIT 35W		
8	DIAL 6 Optikleuchten Световой поток: 1817 lm Мощность светильников: 46 W Комплектация: 1 x TC-TEL 42W		
4	DIAL 7 Twinlights Световой поток: 1191 lm Мощность светильников: 28 W Комплектация: 1 x TC-TEL 26W		
26	LightingTechnologiesPunto 110 Световой поток: 1110 lm Мощность светильников: 15.0 W Комплектация: 1 x LED 50 degree		



## 2.2 Проектирование освещения прихожей комнаты

В прихожей были использованы светильники DIAL 6 Optikleuchten – 4 штуки (таблица 1) для освещения комнаты и встраиваемые DIAL 17 1 HIT 35W Р

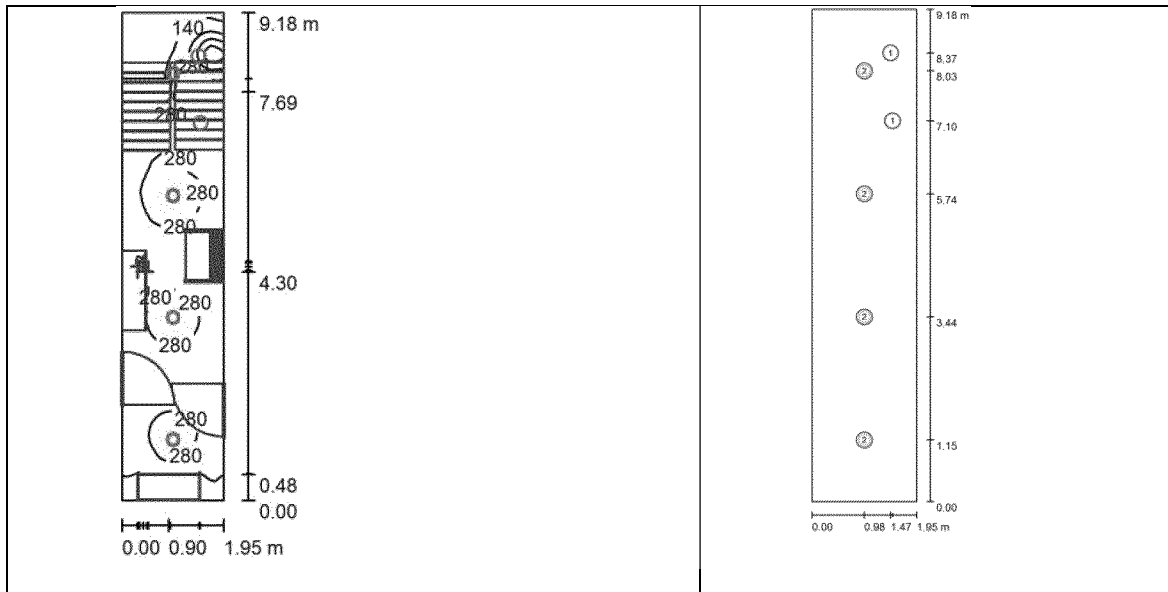


Рисунок 2.2 – Изображение, показывающее: а - распределение освещенности; б - расположение светильников

Светотехнические результаты: Общий световой поток: 11338 lm, Общая мощность: 268,0 W, Коэффициент эксплуатации: 0,8. Освещенность в пространстве представим в виде таблицы 2.

Таблица 2– Освещенность в прихожей

Поверхность	Средняя освещенность, люкс			Коэффициент отражения, %	Средняя яркость, кд/м <sup>2</sup>
	Напрямую	Опосредовано	Всего		
Рабочая плоскость	144	89	233	-	-
Расчетная точка	-	-	201	-	-
Полы	75	68	143	42	19
Потолок	15	66	81	70	18
Стена 1	7,79	20	27	40	3,49
Стена 2	118	70	188	40	24
Стена 3	45	66	111	40	14
Стена 4	66	65	130	40	17

### 2.3 Проектирование освещения на кухне

Для освещения кухни были использованы 2 светильника DIAL 7 Twinlights (таблица 1). Расчетная плоскость была выбрана рядом с раковиной. На рисунке 2.3 представлено распределение освещенности и расположение светильников на кухне.

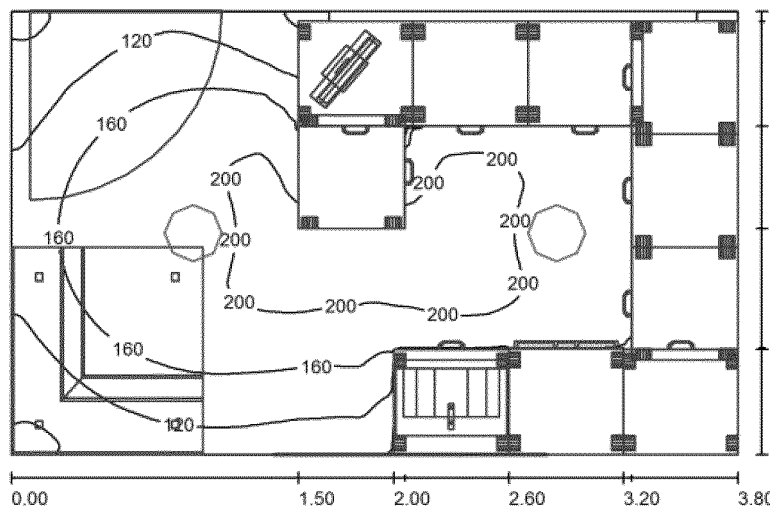


Рисунок 2.3 – Распределение освещенность и расположение светильников на кухне

Светотехнические результаты: Общий световой поток: 2383 lm, Общая мощность: 56,0 W, Коэффициент эксплуатации: 0,8. Освещенность в пространстве представим в виде таблицы 3.

Таблица 3– Освещенность на кухне

Поверхность	Средняя освещенность, люкс			Коэффициент отражения, %	Средняя яркость, кд/м <sup>2</sup>
	Напрямую	Опосредовано	Всего		
Рабочая плоскость	140	22	162	-	-
Полы	42	15	57	36	6,5
Потолок	0,21	35	35	70	7,75
Стена 1	23	23	46	30	4,39
Стена 2	26	23	49	30	4,65
Стена 3	24	23	47	30	4,52
Стена 4	36	26	61	30	5,85

## 2.4 Проектирование освещения в столовой

В столовой (рисунок 2.4) были использованы светильники DIAL 6 Optikleuchten (таблица 1) – 3 штуки.

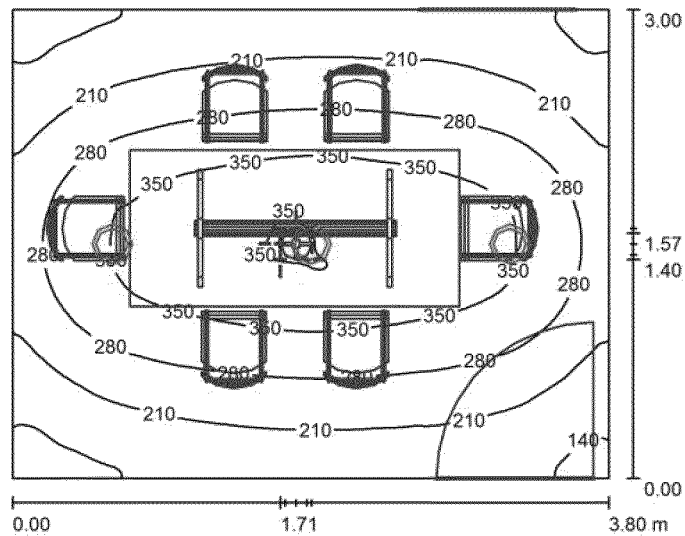


Рисунок 2.4 – Распределение освещенности в столовой

Светотехнические результаты: Общий световой поток: 5450 lm, Общая мощность: 138,0 W, Коэффициент эксплуатации: 0,8. Освещенность в пространстве представим в виде таблицы 4. Расчетная точка находится в середине стола.

Таблица 4– Освещенность в столовой

Поверхность	Средняя освещенность, люкс			Коэффициент отражения, %	Средняя яркость, кд/м <sup>2</sup>
	Напрямую	Опосредовано	Всего		
Рабочая плоскость	222	43	265	-	-
Расчетная точка 1	-	-	356	-	-
Полы	72	32	104	31	10
Потолок	0,27	55	55	70	12
Стена 1	73	42	115	30	11
Стена 2	91	46	137	30	13
Стена 3	69	42	111	30	11
Стена 4	90	40	131	30	12

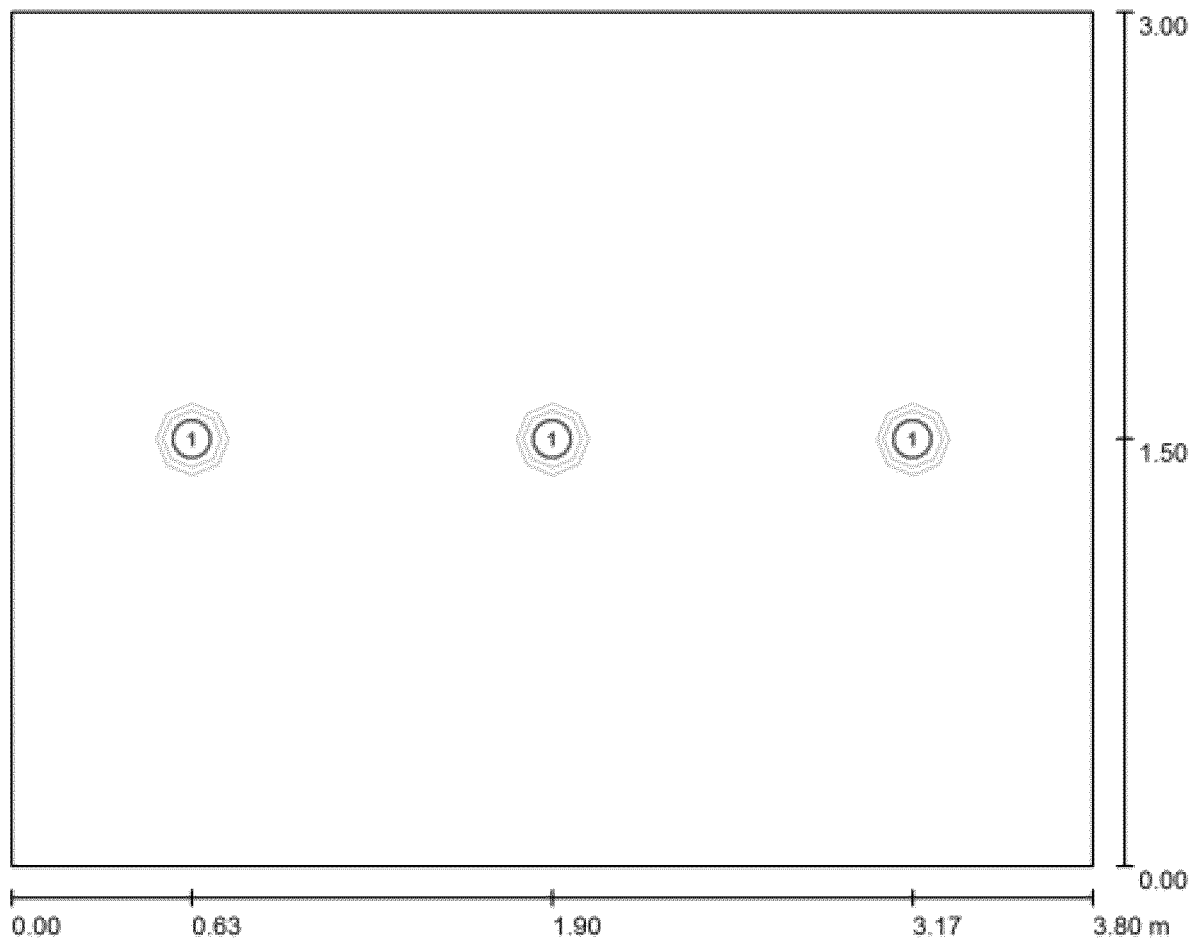


Рисунок 2.5 – Расположение светильников в столовой

## 2.5 Проектирование освещения в малом зале

В этой комнате были использованы 10 светильников LightingTechnologiesPunto 110 (рисунок 2.5,таблица 1)

Светотехнические результаты: Общий световой поток: 11100 lm, Общая мощность: 150,0 W, Коэффициент эксплуатации: 0,8. Освещенность в пространстве представим в виде таблицы 5.

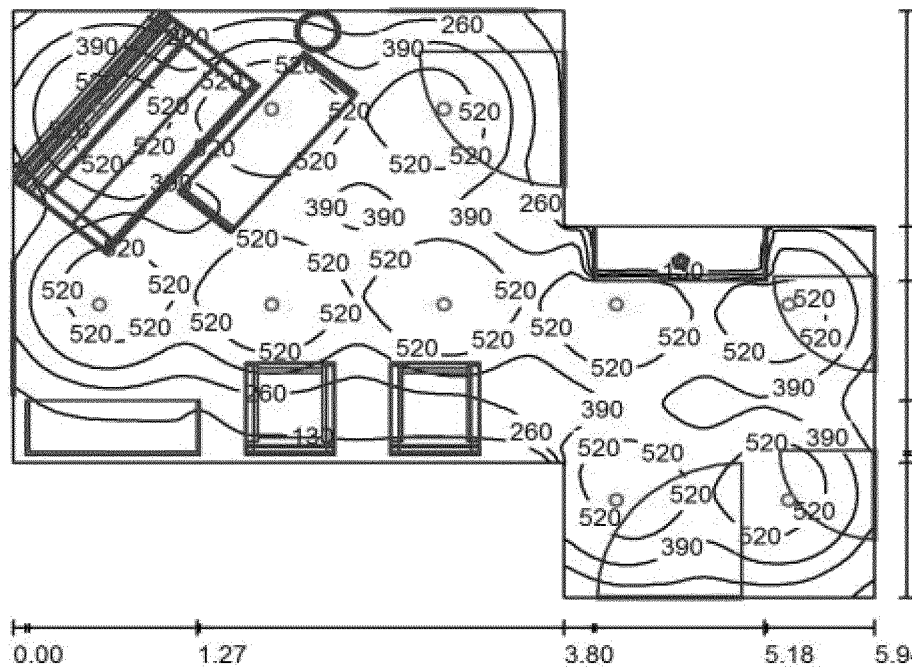


Рисунок 2.6 – Распределение освещенность в малом зале

Таблица 5– Освещенность в малом зале

Поверхность	Средняя освещенность, люкс			Коэффициент отражения, %	Средняя яркость, кд/м <sup>2</sup>
	Напрямую	Опосредовано	Всего		
Рабочая плоскость	376	19	395	-	-
Расчетная точка	-	-	316	-	-
Полы	245	17	29	15	13
Потолок	0	29	31	70	6,55
Стена 1	16	15	134	8	0,79
Стена 2	104	31	74	8	3,42
Стена 3	51	23	74	8	1,88
Стена 4	51	21	72	8	1,84
Стена 5	50	23	73	8	1,86
Стена 6	30	27	57	8	1,45
Стена 7	54	24	79	8	2,00
Стена 8	47	19	63	8	1,70

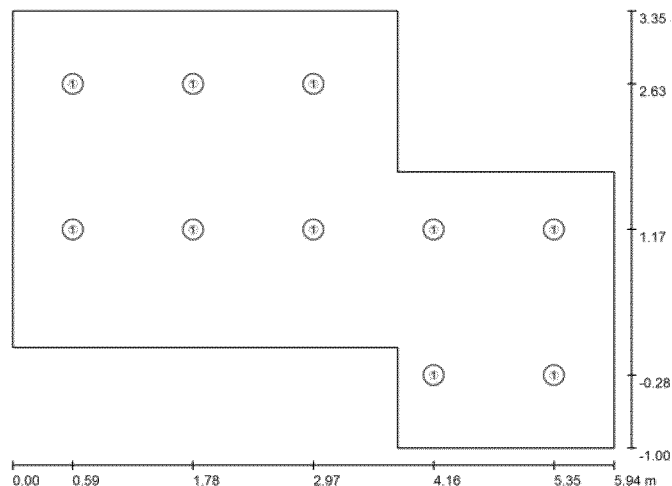


Рисунок 2.7 – Расположение светильников в малом зале

## 2.6 Проектирование освещения в основном зале

Первый светильник, который был использован – это 2 встраиваемых DIAL 17 1 НІТ 35W (рисунок 2.8, таблица 1) для создания декоративного освещения возле книжной полки и рабочим столом. Второй светильник – 16 x LightingTechnologiesPunto 110 (рисунок 2.8, таблица 1), у него небольшая зона освещенности, но это компенсируется количеством светильников.

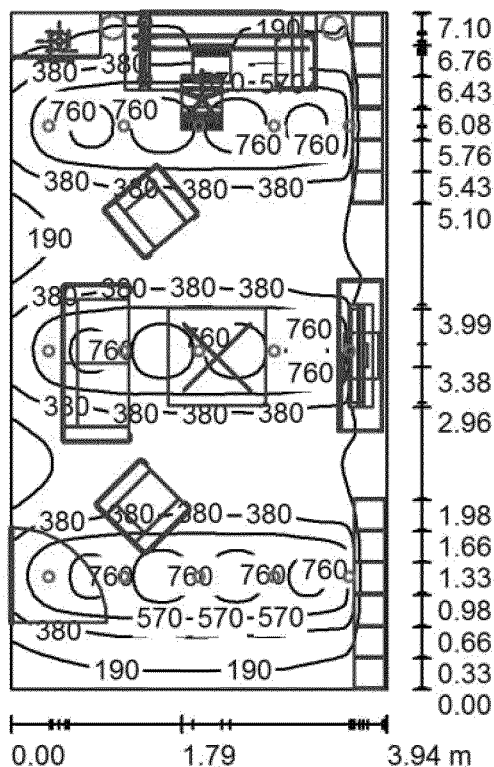


Рисунок 2.8 – Распределение освещенность в основном зале

Светотехнические результаты: Общий световой поток: 20721 lm, Общая мощность: 309.0 W, Коэффициент эксплуатации: 0.8. Освещенность в пространстве представим в виде таблицы 6.

Таблица 6 – Освещенность в основном зале

Поверхность	Средняя освещенность, люкс			Коэффициент отражения, %	Средняя яркость, кд/м <sup>2</sup>
	Напрямую	Опосредовано	Всего		
Расчетная точка 1	-	-	689	-	-
Расчетная точка 2	-	-	283	-	-
Рабочая плоскость	387	25	412	-	-
Полы	249	20	269	15	13
Потолок	17	35	52	70	12
Стена 1	41	27	68	14	3,04
Стена 2	22	22	44	14	1,95
Стена 3	139	32	162	14	7,23
Стена 4	63	28	91	14	4,07

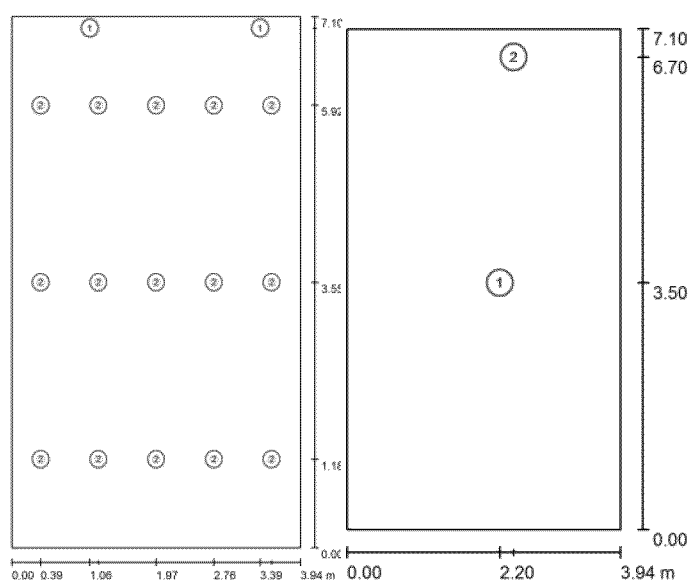


Рисунок 2.9 – Расположение: а - светильников в основном зале; б - расчетных точек в основном зале.

## 2.7 Проектирование освещения в ванной комнате

Для освещения ванной был использован светильник DIAL 7 Twinlights..

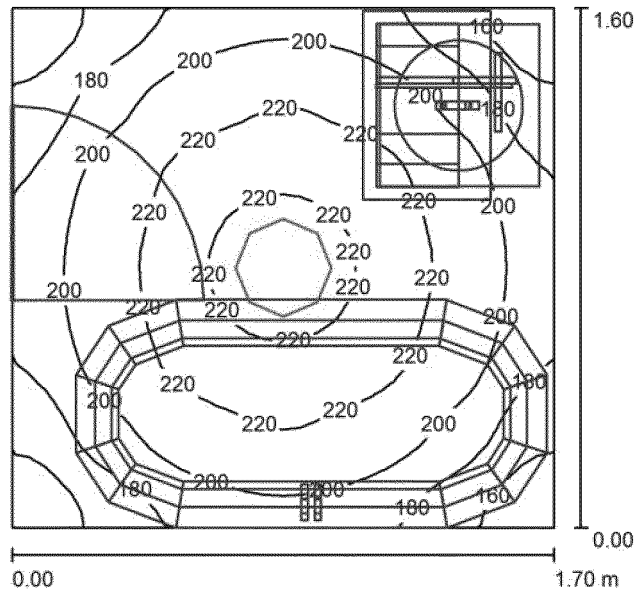


Рисунок 2.10 – Распределение освещенность в ванной комнате

Светотехнические результаты: Общий световой поток: 1197 lm, Общая мощность: 28,0 W, Коэффициент эксплуатации: 0,8. Освещенность в пространстве представим в виде таблицы 7.

Таблица 7– Освещенность в ванной комнате

Поверхность	Средняя освещенность, люкс			Коэффициент отражения, %	Средняя яркость, кд/м <sup>2</sup>
	Напрямую	Опосредовано	Всего		
Рабочая плоскость	133	67	200		
Полы	32	25	57	48	8,71
Потолок	0,28	57	57	70	13
Стена 1	46	46	91	61	18
Стена 2	45	48	93	61	18
Стена 3	48	51	99	61	19
Стена 4	42	51	94	61	18



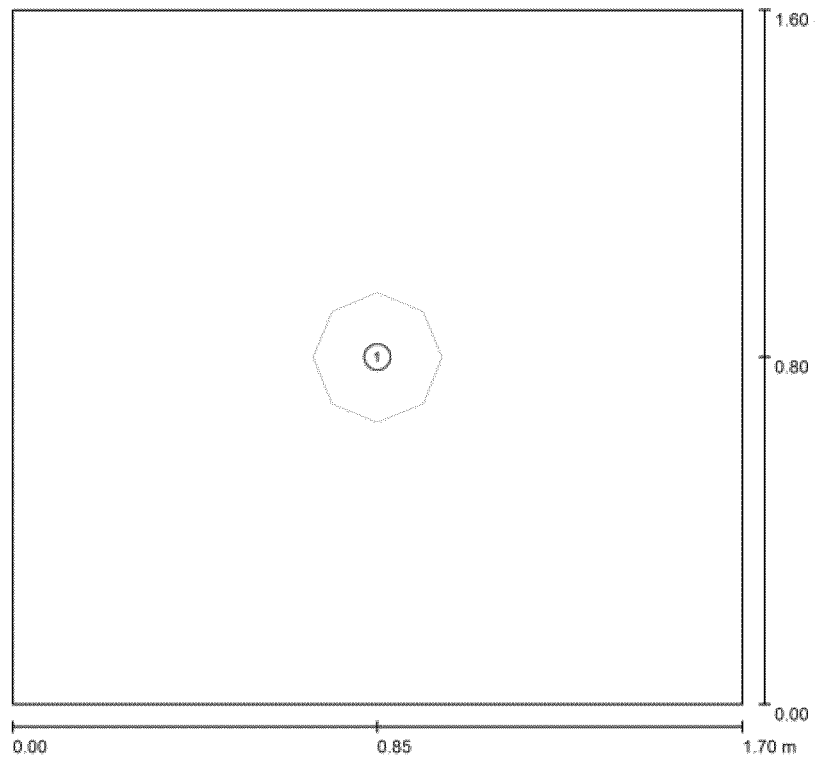


Рисунок 2.11 – Расположение светильника в ванной комнате.

## 2.8 Проектирование освещения в туалете

Для освещения ванной был использован светильник DIAL 7 Twinlights (таблица 1), у него небольшая мощность и теплый белый свет.

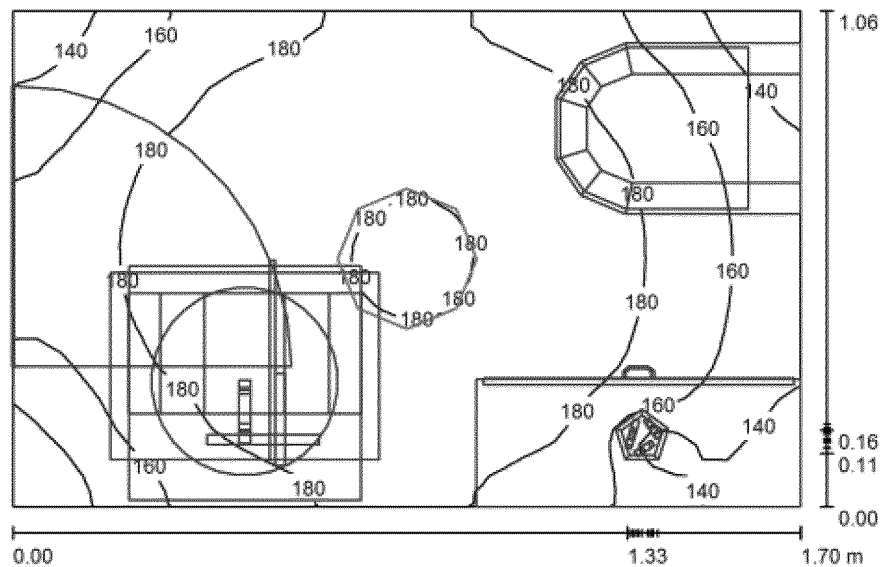


Рисунок 2.12 – Распределение освещенность в туалете

Светотехнические результаты: Общий световой поток: 1191 lm, Общая мощность: 28,0 W, Коэффициент эксплуатации: 0,8. Освещенность в пространстве представим в виде таблицы 8.

Таблица 8– Освещенность в туалете

Поверхность	Средняя освещенность, люкс			Коэффициент отражения, %	Средняя яркость, кд/м <sup>2</sup>
	Напрямую	Опосредовано	Всего		
Рабочая плоскость	141	31	173	-	-
Полы	37	13	50	18	2,85
Потолок	0,35	29	30	70	6,59
Стена 1	64	26	90	23	6,62
Стена 2	52	25	77	23	5,64
Стена 3	68	27	95	23	6,99
Стена 4	47	24	71	23	5,17

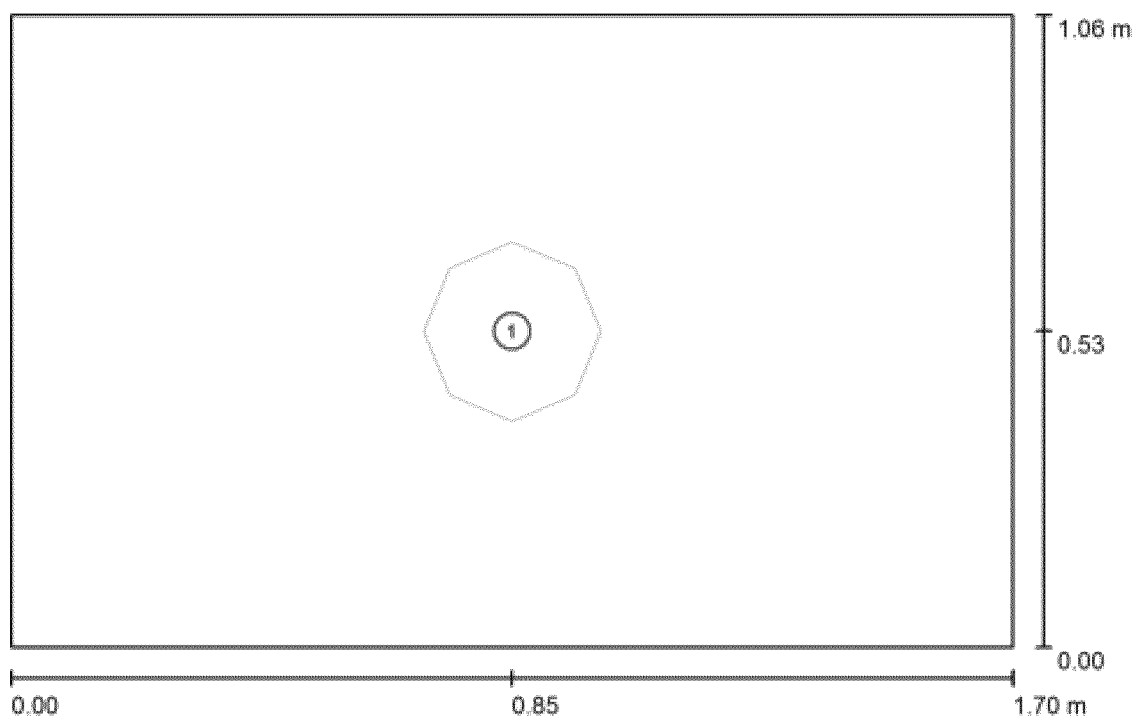


Рисунок 2.13 – Расположение светильника в туалете.

## 2.9 Проектирование освещения в спальней комнате

В этой комнате были использован один светильник DIAL 16 CyberDeco (рисунок 2.14, таблица 1), он обладает мягким светом и большим радиусом освещенности

Светотехнические результаты: Общий световой поток: 11278 lm, Общая мощность: 270,0 W, Коэффициент эксплуатации: 0.8. Освещенность в пространстве представим в виде таблицы 9.

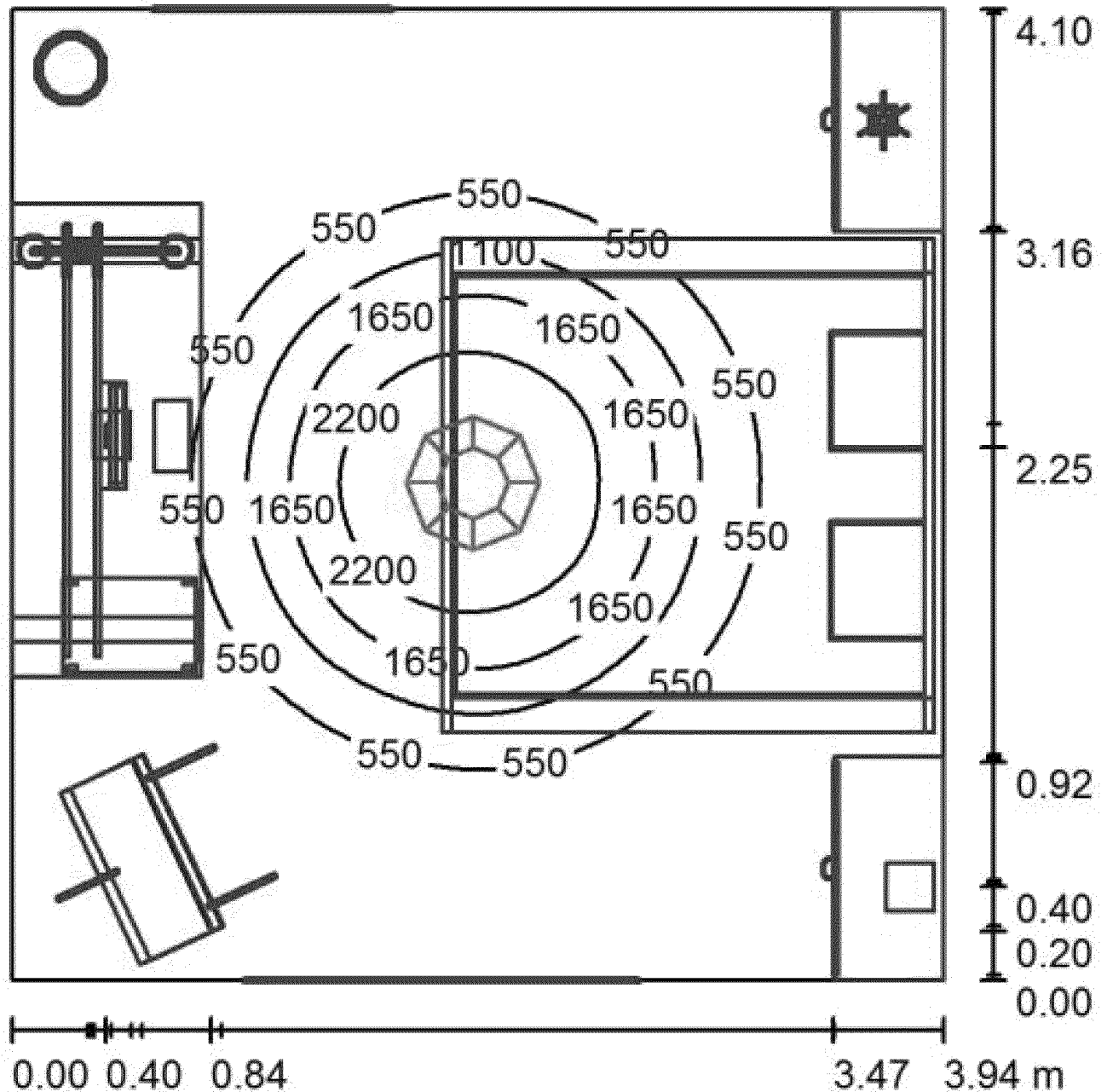


Рисунок 2.14 – Распределение освещенность в спальне

Таблица 9– Освещенность в спальне

Поверхность	Средняя освещенность, люкс			Коэффициент отражения, %	Средняя яркость, кд/м <sup>2</sup>
	Напрямую	Опосредовано	Всего		
Рабочая плоскость	491	91	582	-	-
Расчетная точка	-	-	162	-	-
Полы	220	46	266	20	17
Потолок	34	118	152	70	34
Стена 1	36	78	113	61	22
Стена 2	25	74	99	61	19
Стена 3	43	88	131	61	25
Стена 4	26	71	97	61	19

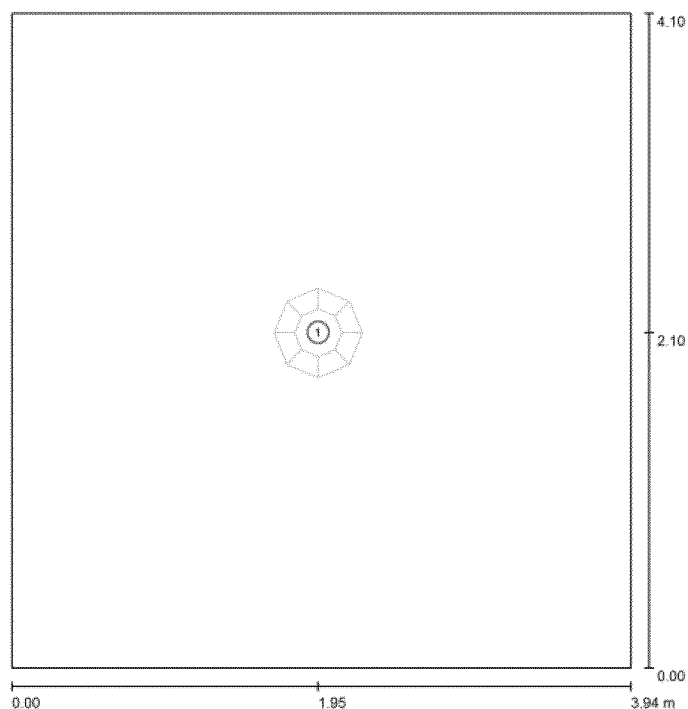


Рисунок 2.15 – Расположение светильника в спальне

Было рассчитано рабочее освещение для всех комнат в квартире, выбраны источники света для рабочего освещения в виде светильников типа DIAL 16 CyberDeco, DIAL 17 1 HIT 35W, DIAL 6 Optikleu, DIAL 7 Twinlights и

LightingTechnologiesPunto 110. Проектирование было выполнено в соответствии с требованиями следующих нормативных документов: СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение; СанПин 2.2.1/2.1.1.1278-03 (санитарные правила и нормы) Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

Все расчеты выполнялись в программном пакете DIALux (DeutscheInstitutfurAngewandteLichttechnik), он распространяется бесплатно и может использовать данные светильников любых изготовителей.

## 3 ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ

### 3.1 Общая структура системы

Современные системы управления освещением основаны на использовании датчиков движения, специальных картриджей и диодных лент, яркость которых можно изменять с помощью алгоритмов, которые есть в системе управления.

Самыми популярными датчиками движения являются инфракрасные датчики. Они, в отличие от ультразвуковых, реагируют на замедленное движение.

Определение уровня освещенности осуществляется с помощью световых датчиков. Датчик устанавливается на открытой поверхности на удалении от источников света, чтобы свет от источников не влиял на передаваемые им данные; благодаря небольшому размеру его можно установить, например, на стене рядом с выключателем. По показаниям датчика МК включает необходимые осветительные приборы.

Для управление естественным освещением будем использовать все те же датчики освещенности. За открытие и закрытие штор будет отвечать мотор, который двигает шторы в разных направлениях.

Чтобы МК понимал, когда шторы закрыты и нужно прекращать управление мотором, будут установлены концевые выключатели. При закрытии или открытии штор он будет срабатывать, то даст МК сигнал о том, что нужно останавливать движение мотора.

### 3.2 Обоснование принятого решения

Изучив различные похожие устройства, можно сделать вывод, что многие из этих устройств работают по схожему принципу: у каждого есть свои преимущества и недостатки. Все они имеют основной МК, к которому подключаются датчики. Их недостатки - высокая цена и ограниченный набор дополнительных модулей.

Было принято решение использовать плату arduino, так как она обладает неплохим рядом преимуществ в сравнении со многими устройствами:

- невысокая цена;
- множество подключаемых устройств;
- множество инструкций и объяснение различных сборок;
- ПО для прошивки через персональный компьютер.

### **3.3 Arduino**

Arduino - это инструмент для проектирования электронных устройств, которые более тесно взаимодействуют с окружающей физической средой, чем стандартные ПК, которые фактически не выходят за рамки виртуальности. Это физическая вычислительная платформа с открытым исходным кодом, построенная на простой печатной плате в современной среде разработки программного обеспечения.

Arduino используется для создания электронных устройств, которые получают сигналы от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему и управлять различными исполнительными механизмами. Проекты устройств на основе Arduino могут выполняться независимо или взаимодействовать с программным обеспечением на компьютере (например, Flash, Processing, MaxMSP). Платы могут быть куплены в собранном или собранном виде пользователем. Среда разработки с открытым исходным кодом доступна для бесплатной загрузки.

Несколько версий платформы Arduino:

1. Micro – новое компактное решение на базе ATmega32u4.
2. Uno – самая популярная версия базовой платформы ArduinoUSB. Uno имеет стандартный порт USB. ArduinoUno во многом схожа с Duemilanove, но имеет новый чип ATmega8U2 для последовательного подключения по USB и новую, более удобную маркировку вход/выходов. Платформа может быть дополнена платами расширения, например, пользовательскими платами с различными функциями.

3. Nano— это компактная платформа, используемая как макет. Nanoподключается к компьютеру при помощи кабеля USBMini-B.

4. Mega – предыдущая версия серии Мегана базе Atmega1280.

Так как в данном проекте будет использоваться много информационных входов для подключения устройств, то целесообразнее всего будет использовать МК, в котором предусмотрено много входов для подключения устройств, для этого лучше всего подойдет МК ArduinoMega(Рисунок 3.1).

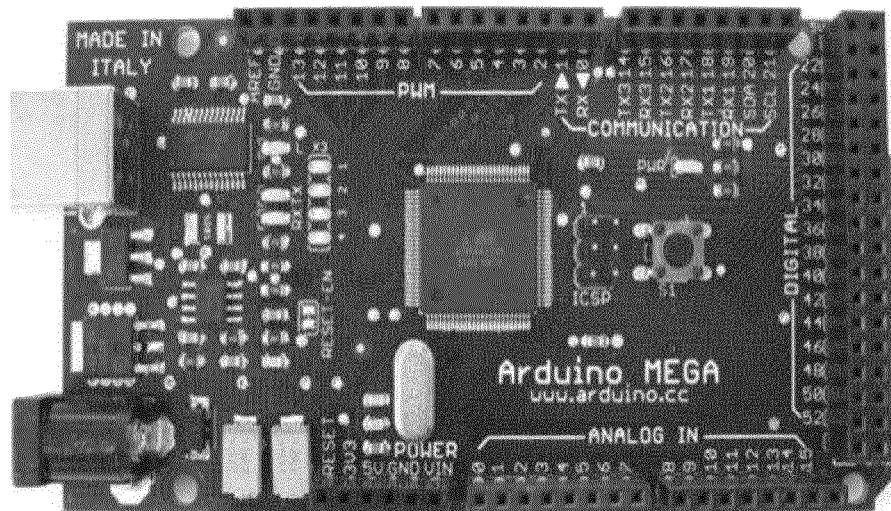


Рисунок 3.1– Платформа ArduinoMega

ArduinoMegaпостроена на микроконтроллере ATmega2560. Плата имеет 54 цифровых входа/выходов (14 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 16 аналоговых входов, 4 последовательных порта UART, кварцевый генератор 16 МГц, USBконнектор, разъем питания, разъем ICSPи кнопка перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USBили подать питание при помощи адаптера AC/DC, илиаккумуляторной батареей.ArduinoMegasовместима со всеми платами расширения, разработанными для платформ UnoилиDuemilanove.



Краткие характеристики платы приведены в таблице 1

Таблица 10 - характеристики ArduinoMega

Параметр	Значение
Микроконтроллер	ATmega2560
Рабочее напряжение	5 В
Входное напряжение	7-12 В
Цифровые Входы/Выходы	54, 14 из которых могут использоваться как выходы ШИМ.
Аналоговые входы	16
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Постоянный ток для вывода 3.3 В	50 мА
Flash-память:	256 Кб
Оперативная память	8 Кб
Энергонезависимая память (EEPROM)	4 Кб
Тактовая частота	16 МГц

ArduinoMega может получать питание как через подключение по USB, так и от внешнего источника питания. Источник питания выбирается автоматически.

Внешнее питание (не USB) может подаваться через преобразователь напряжения AC/DC (блок питания) или аккумуляторной батареей. Преобразователь напряжения подключается посредством разъема 2.1 мм с положительным полюсом на центральном контакте. Провода от батареи подключаются к выводам GND и VIN разъема питания (POWER).

Платформа может работать при внешнем питании от 6В до 20В. При напряжении питания ниже 7В, вывод 5V может выдавать менее 5В, при этом платформа может работать нестабильно. При использовании напряжения выше 12В регулятор напряжения может перегреться и повредить плату. Рекомендуемый диапазон от 7В до 12В.

Плата Mega2560, в отличие от предыдущих версий плат, не использует FTDIUSBмикроконтроллер. Для обмена данными по USBиспользуется микроконтроллер Atmega8U2, запрограммированный как конвертер USB-to-serial.

Выводы питания:

–VIN. Вход используется для подачи питания от внешнего источника (в отсутствие 5В от разъема USBили другого регулируемого источника питания). Подача напряжения питания происходит через данный вывод. Если питание подается на разъем2.1mm, то на этот вход можно запитаться;

–5V. Регулируемый источник напряжения, используемый для питания микроконтроллера и компонентов на плате. Питание может подаваться от вывода VINчерез регулятор напряжения, или от разъема USB, или другого регулируемого источника напряжения 5В;

–3.3V. Напряжение на выводе 3.3В генерируемое микросхемой FTDI на платформе. Максимальное потребление тока 50 мА;

–GND. Выводы заземления.

Микроконтроллер ATmega2560 имеет: 256кБфлэш-памяти для хранения кода программы (4кБ используется для хранения загрузчика), 8кБ ОЗУ и 4 Кб EEPROM(которая читается и записывается с помощью библиотеки EEPROM).

Каждый из 54 цифровых выводов Mega, может настраиваться как вход или выход. Выводы работают, при напряжении 5В. Каждый вывод, имеет нагрузочный резистор (стандартно отключен) 20-50 кОм и может пропускать до 40 мА. Некоторые выводы имеют особые функции:

Последовательная шина: 0 (RX) и 1 (TX); Последовательная шина 1: 19 (RX) и 18 (TX); Последовательная шина 2: 17 (RX) и 16 (TX); Последовательная шина 3: 15 (RX) и 14 (TX). Выводы используются для получения (RX) и передачи (TX) данных TTL. Выводы 0 и 1 подключены к соответствующим выводам микросхемы последовательной шины ATmega8U2.

Внешнее прерывание: 2 (прерывание 0), 3 (прерывание 1), 18 (прерывание 5), 19 (прерывание 4), 20 (прерывание 3), и 21 (прерывание 2). Данные выводы могут быть сконфигурированы на вызов прерывания либо на младшем значении, либо на переднем или заднем фронте, или при изменении значения.

PWM: 2 до 13 и 44-46. Любой из выводов обеспечивает ШИМ с разрешением 8 бит.

SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Посредством данных выводов осуществляется связь SPI, например, используя библиотеку SPI.

LED: 13. Встроенный светодиод, подключенный к цифровому выводу 13. Если значение на выводе имеет высокий потенциал, то светодиод горит.

I2C: 20 (SDA) и 21 (SCL). Посредством выводов осуществляется связь I2C (TWI). Расположение выводов на платформе Мегане соответствует расположению Duemilanove или Diecimila.

На платформе Mega2560 имеется 16 аналоговых входов, каждый разрешением 10 бит (т.е. может принимать 1024 различных значения). Стандартно выводы имеют диапазон измерения до 5В относительно земли, тем не менее, имеется возможность изменить верхний предел посредством вывода AREF. Дополнительная пара выводов платформы: AREF. Опорное напряжение для аналоговых входов. Reset. Низкий уровень сигнала на выводе перезагружает микроконтроллер. Обычно применяется для подключения кнопки перезагрузки на плате расширения, закрывающей доступ к кнопке на самой плате Arduino.

### **3.4 Выбор и описание используемых датчиков**

#### **3.4.1 Датчик освещенности**

Для определения освещения будем использовать готовый фотомодуль (рисунок 3.2), на котором уже есть все необходимые элементы для простого подключения фоторезистора к плате arduino. В некоторых модулях реализована схема с компаратором и доступен цифровой выход и подстроечный резистор для управления.

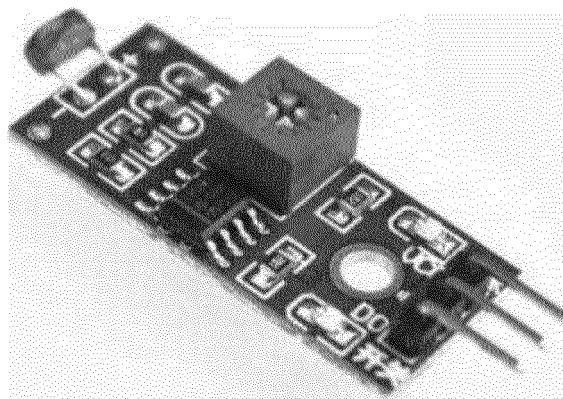


Рисунок 3.2– Готовый модуль с фоторезистором

В отличие от обычного резистора, фоторезистор может изменять свое сопротивление в зависимости от уровня внешней освещенности. Это означает, что параметры в электронной схеме будут постоянно изменяться, например, падение напряжения на фоторезисторе. Фиксируя эти изменения напряжения на аналоговых шинах Arduino, можно изменить логику работы схемы, создавая устройства, которые адаптируются к внешним условиям.

Главный недостаток фоторезисторов - их чувствительность к спектру. В зависимости от типа падающего света сопротивление может изменяться на несколько порядков. К недостаткам также можно отнести невысокую скорость реакции на изменение освещенности. Если лампочка мигает, датчик не успевает среагировать. Если частота изменения достаточно высока, резистор перестанет «видеть» изменение освещенности.

К достоинствам можно отнести простоту и доступность. Прямое изменение сопротивления в зависимости от падающего на него света позволяет упростить электрическую схему подключения.

#### 3.4.2 Датчик движения с HC-SR501

Датчики движения PIR имеют практически идентичную конструкцию. Диапазон чувствительности PIR-сенсоров до 6 метров, угол обзора  $110^\circ \times 70^\circ$ . Источник питания составляет 5 вольт, а на цифровом выходе 0, когда он не движется, и 1, когда он движется. Мы будем использовать датчик HC-SR501.

Датчик состоит из двух чувствительных элементов. Микросхема управления модуля регистрирует изменения сигналов от обоих элементов и, в связи с их изменением, обнаруживает движение объектов, излучающих инфракрасные сигналы (живые организмы).

На модуль установлена линза Френеля, которая фокусирует инфракрасные сигналы на пироэлектрический датчик под названием PIR (Passive Infra-Red). Пассивный он потому, что для обнаружения движения не используется никакая-либо дополнительная энергия, кроме той, что испускается самими объектами.

Режим работы модуля задается переключкой на плате прибора. Режим Н- при срабатывании датчика будет постоянно перезапускаться таймер. При первом зафиксированном объекте формируется высокий уровень выходного сигнала и поддерживается в таком состоянии до тех пор, пока в регистрируемой зоне присутствуют люди. Режим L- выходной сигнал переключается в высокий уровень при первой регистрации инфракрасного излучения от движущегося объекта. Высокий уровень остается в течение времени работы таймера, который устанавливается переменным резистором. В это время датчик не реагирует на другие события. Если во время работы таймера в режиме Lв зоне видимости датчика перемещается множество объектов инфракрасного излучения, то сигнал на выходе будет снят по истечению временной задержки, формируемой таймером после регистрации первого объекта, но не фактом отсутствия движения человека.

Внешний вид датчика показан на рисунке 3.3

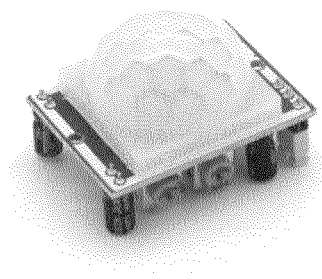


Рисунок 3.3 - Датчик движения HC-SR501

Таблица 11 –Технические характеристики HC-SR501

Параметр	Значение
Напряжение питания	4.5-20 В
Ток потребления	50 мА
Напряжение на выходе OUT	HIGH – 3,3 В, LOW – 0 В
Интервал обнаружения	3-7 м
Длительность задержки после срабатывания	5 — 300 сек
Угол наблюдения	до 120 градусов
Время блокировки до следующего замера	2.5сек.
Режимы работы	L — одиночное срабатывание, Н — срабатывание при каждом событии
Рабочая температура	-20 до +80С
Габариты	32x24x18 мм

### 3.4.3 Драйвер двигателей

Мощность микросхемы недостаточна для управления моторами, для этого используется драйвер мотора. Устройство преобразует управляющие сигналы малой мощности в токи, достаточные для управления двигателями. В этом проекте мы используем плату L298N, поскольку она позволяет управлять двумя двигателями одновременно, не требует дополнительных библиотек и использует минимальное количество портов для управления.

Выходы ENABLEA, B (ENA привязаны к IN1, IN2. ENB к IN3, IN4) отвечают за раздельное управление каналами. Могут использоваться в двух режимах:

Условно "активном" режиме, когда ими будет управлять контроллер - высокий логический уровень разрешает вращение моторов, низкий запрещает вне зависимости от состояния выводов "IN". Для регулировки скорости моторов, на "EN" выводы подается ШИМ (PWM) сигнал.

Условно "пассивном" режиме, притянув выводы "EN" к высокому уровню (+5V). Для этого на плате, рядом с выводами ENA и ENB находятся штырьки, соединенные с +5V. Замыкаем выводы с помощью джемперов. В данном режиме мы не сможем регулировать скорость двигателей, они будут всегда вращаться на

полную скорость. Направление вращения будет задаваться по- прежнему, а вот для остановки в данном варианте, состояние выводов будет уже играть роль. Для остановки нужно будет подавать одноименные сигналы на выводы "IN".

Внешний вид модуля отображен на рисунке 3.4

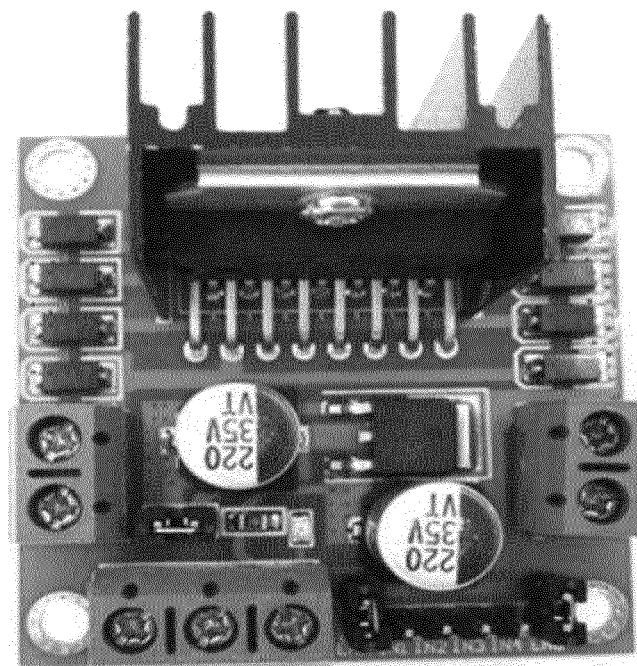


Рисунок 3.4 – Драйвер двигателей L298N

Таблица 12 –Технические характеристики L298N

Параметр	Значение
Напряжение питания логики	5V
Потребляемый логикой ток	36mA
Напряжение питания моторов	от 5V до 35V
Рабочий ток драйвера	2A
Пиковый ток драйвера	3A
Максимальная мощность	20 Вт (при температуре 75° C)
Диапазон рабочих температур	-25°С... +135°С
Размеры модуля	43.5 x 43.2 x 29.4 мм
вес	33 г

### 3.4.4 Мотор-редуктор

Для данного проекта был выбран мотор-редуктор JA12-N20 (рисунок 3.5) так как он потребляет мало электроэнергии, имеет гибкий диапазон входного напряжения и обеспечивает достаточный крутящий момент для автоматического управления шторами.

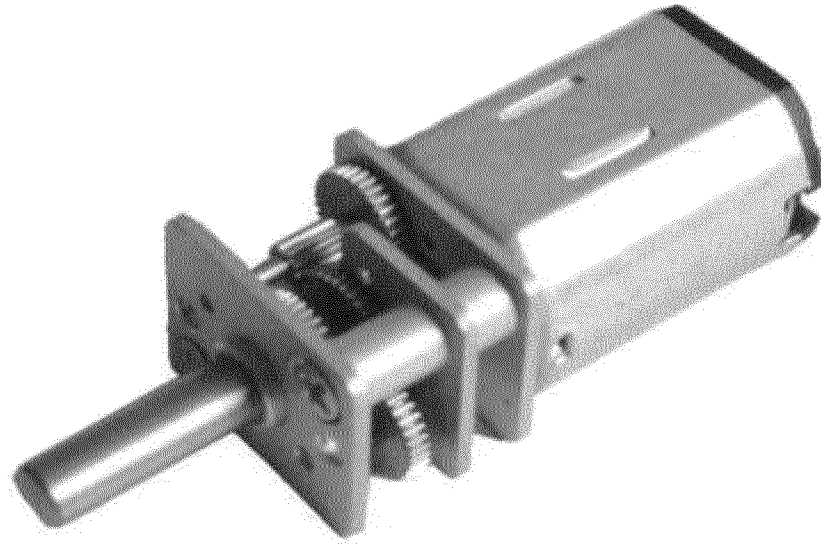


Рисунок 3.5 – Мотор-редуктор JA12-N20

### 3.4.5 Реле

Для включения устройств, таких как Лампа освещения, мощностей нашей платы не хватит, для подобного будет использоваться Реле.

Реле имеет две отдельных цепи: цепь управления, представленная контактами A1, A2 и управляемая цепь, контакты 1, 2, 3, указанные на рисунке 10. Цепи никак не связаны между собой.

Между контактами A1 и A2 установлен металлический сердечник, при протекании тока, по которому к нему притягивается подвижный якорь. Контакты же 1 и 3 неподвижны. Стоит отметить, что якорь подпружинен и пока мы не пропустим ток через сердечник, якорь будет, удерживается прижатым к контакту 3. При подаче тока, как уже говорилось, сердечник превращается в



электромагнит и притягивается к контакту 1. При обесточивании пружина снова возвращает якорь к контакту 3.

Сам модуль реле выглядит, как показано на рисунке 3.7.

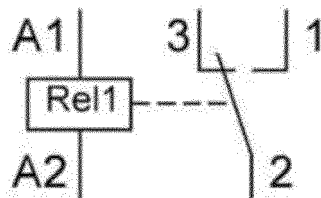


Рисунок 3.6 – Схема устройства Реле

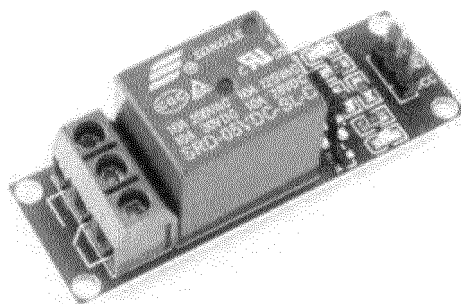


Рисунок 3.7 – Внешний вид реле

#### 3.4.6 Концевой выключатель

Для определения крайних положений штор будут использованы оптические концевые выключатели (Рисунок 3.8), так как они считаются более точными по сравнению с механическими.

Внутри оптического концевика установлена оптическая пара, которая срабатывает при появлении «преграды», которая попадает в зазор между светодиодом и фоторезистором.

Срабатывание беззвучно, при срабатывании загорается светодиод.

Может не работать при солнечном свете и при наличии пыли, возможны ложные срабатывания

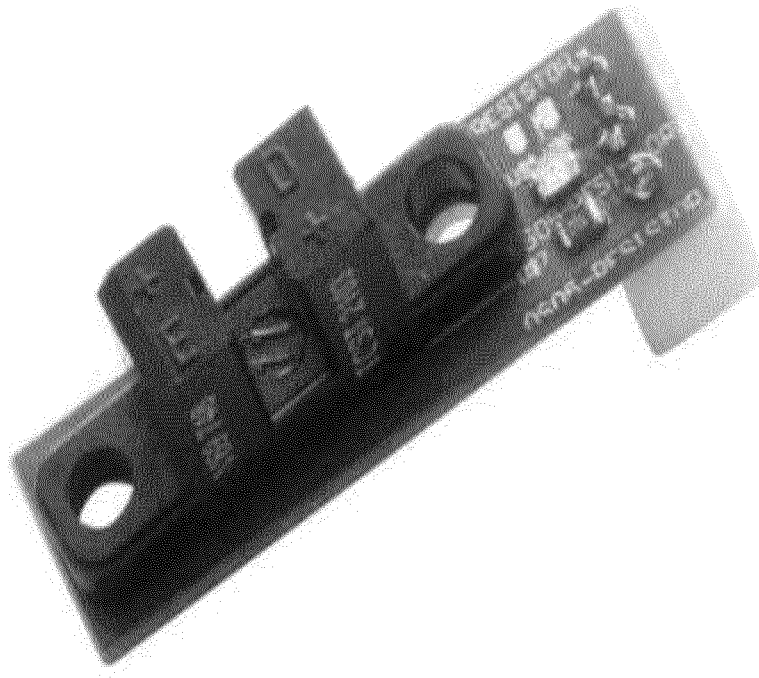


Рисунок 3.8 – Концевой выключатель

#### 3.4.7 Бытовой выключатель

Для управления шторами или светом будут использоваться обычные бытовые выключатели (рисунок 3.9). В случае с освещением, используем выключатель с двумя переключателями, для управления светом и управлением состояния автоматического освещения.

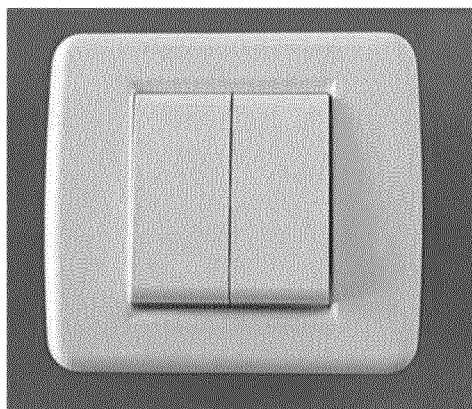


Рисунок 3.9 – Бытовой выключатель

## 4 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ И ПО

### 4.1 Словесное описание алгоритма работы

За управление освещением отвечают две функции, одна - за помещения, в которых нет окон, другая - в которых есть окна. Первая работает так: при срабатывании датчика движения, освещение включается на определенный промежуток времени (время устанавливается подстроечным резистором датчика движения) и, когда движение окончено, свет выключается.

Вторая работает аналогично, но с добавлением проверки освещения, то есть, если при недостатке освещения обнаружилось движение, включается освещение, при достаточном освещении свет включен не будет.

Также освещение управляется вручную, через бытовые выключатели, они не связаны с МК и подключены напрямую к источнику света. Один переключатель отвечает за включение или отключение автоматического срабатывания, а второй за включение света в обход датчиков.

Уличное освещение будет включено после того, как освещение стало ниже заданного.

Для управления шторами также реализованы две функции: Одна для автоматического срабатывания, другая для ручного. Для управления используются бытовые выключатели, одна кнопка которого отвечает за открытие и закрытие штор, а другая за работу автоматического режима.

Ручное управление устроено так, что при нажатии кнопки закрытия штор, мотор закрывает шторы, до тех пор, пока не сработает концевой выключатель, аналогично работает и открытие (если включен автоматический режим, функция не будет работать). Автоматическое закрытие реализовано так: при достижении порога максимального освещения, которое задано в программе, шторы закрываются, а при минимальном – открываются.

Функция ночного режима необходима для того, чтобы во время сна случайно не включался свет в комнатах и для того чтобы не выключать все датчики по отдельности. Когда включен ночной режим, работает только функция света в комнатах без окон. При включении происходит закрытие всех штор и через некоторое время, что задано в программе, выключается освещение.

Блок-схема работы главной программы отображена на рисунках 4.1, 4.2

Блок-схемы работы функций - на рисунках 4.4,4.5, 4.6, 4.7.

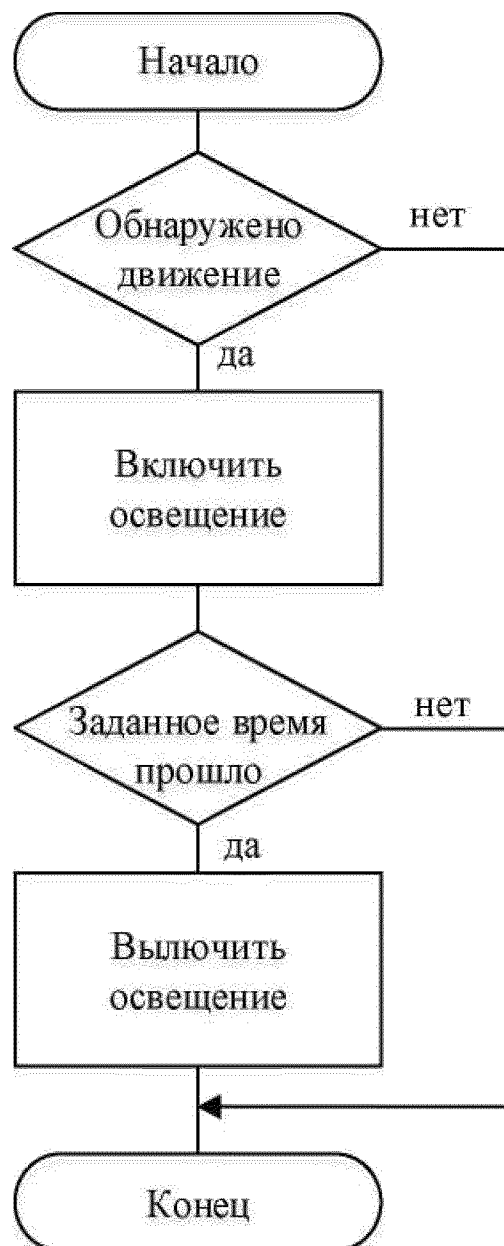


Рисунок 4.1 – Функция управления светом в помещении без окон

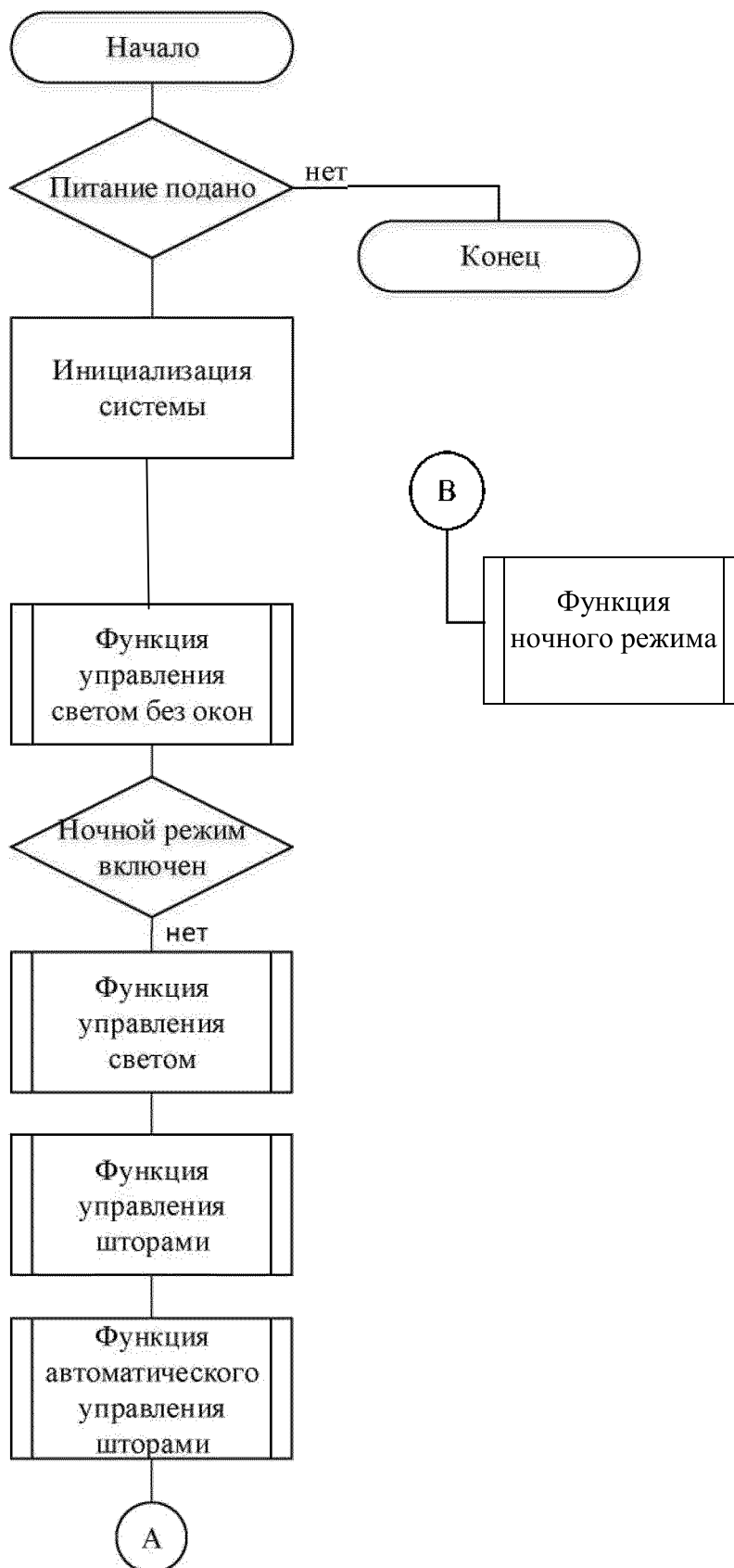


Рисунок 4.2 – Блок-схема работы микроконтроллера

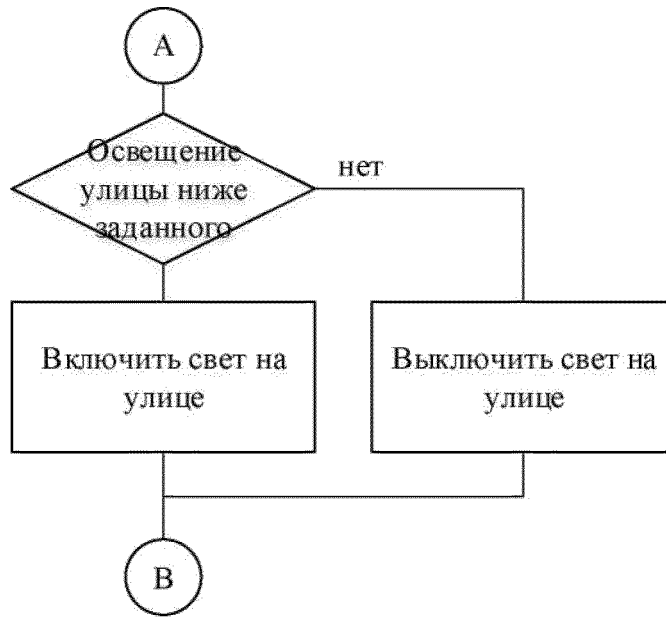


Рисунок 4.3 – Блок-схема работы микроконтроллера (Продолжение)

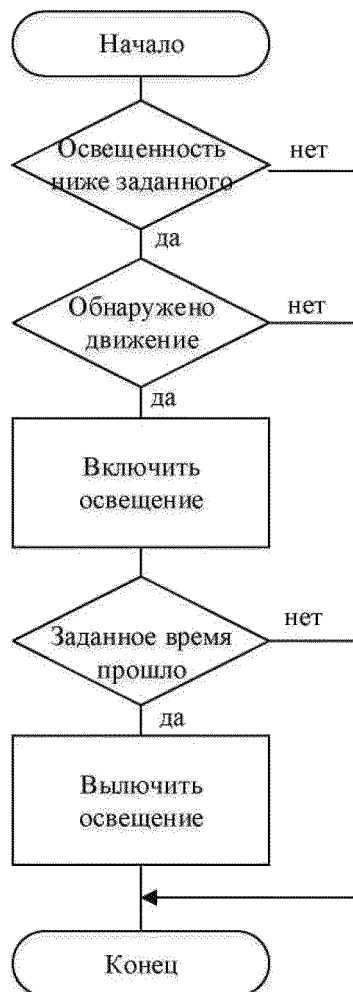


Рисунок 4.4 – Функция управления освещением в комнатах с окнами



Рисунок 4.5 – Функция управления шторами



Рисунок 4.6 – Функция автоматического управления шторами





Рисунок 4.7 – Функция управления ночным режимом

## 5 РАЗРАБОТКА ПО И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

### 5.1 Разработка программного обеспечения

Для написания ПО, была использована среда разработки Arduino, так как в ней содержится много готовых примеров, которые могут помочь в написании программы.

При запуске МК произойдет инициализация и настройка всех систем, после которых становится возможным работа системы.

В программе постоянно будет работать только одна функция, управление освещением в комнатах без окон CheckLight().

При активации ночного режима становится доступным остальные функции: CheckLightWindow(), winSwitch() и winAutoSwitch(). Также становится возможным автоматическое включение освещения на улице.

При включении ночного режима, все шторы закрываются и не откроются до тех пор, пока не сработает выключатель ночного режима. Функция ночного режима—OnNightMode().

### 5.2 Моделирование системы

Для демонстрации работы системы используется интегрированная среда разработки proteus.

Proteus – среда для проектирования и отладки электронных устройств, в точности выполненных на основе микроконтроллеров различных семейств. Предоставляет возможности ввода схемы в графическом редакторе, моделирования её работы и разработки печатной платы, включая трехмерную визуализацию её сборки. Уникальной чертой среды Proteus является возможность эффективного моделирования работы разнообразных микроконтроллеров и отладки микропрограммного обеспечения (рисунок 5.1).

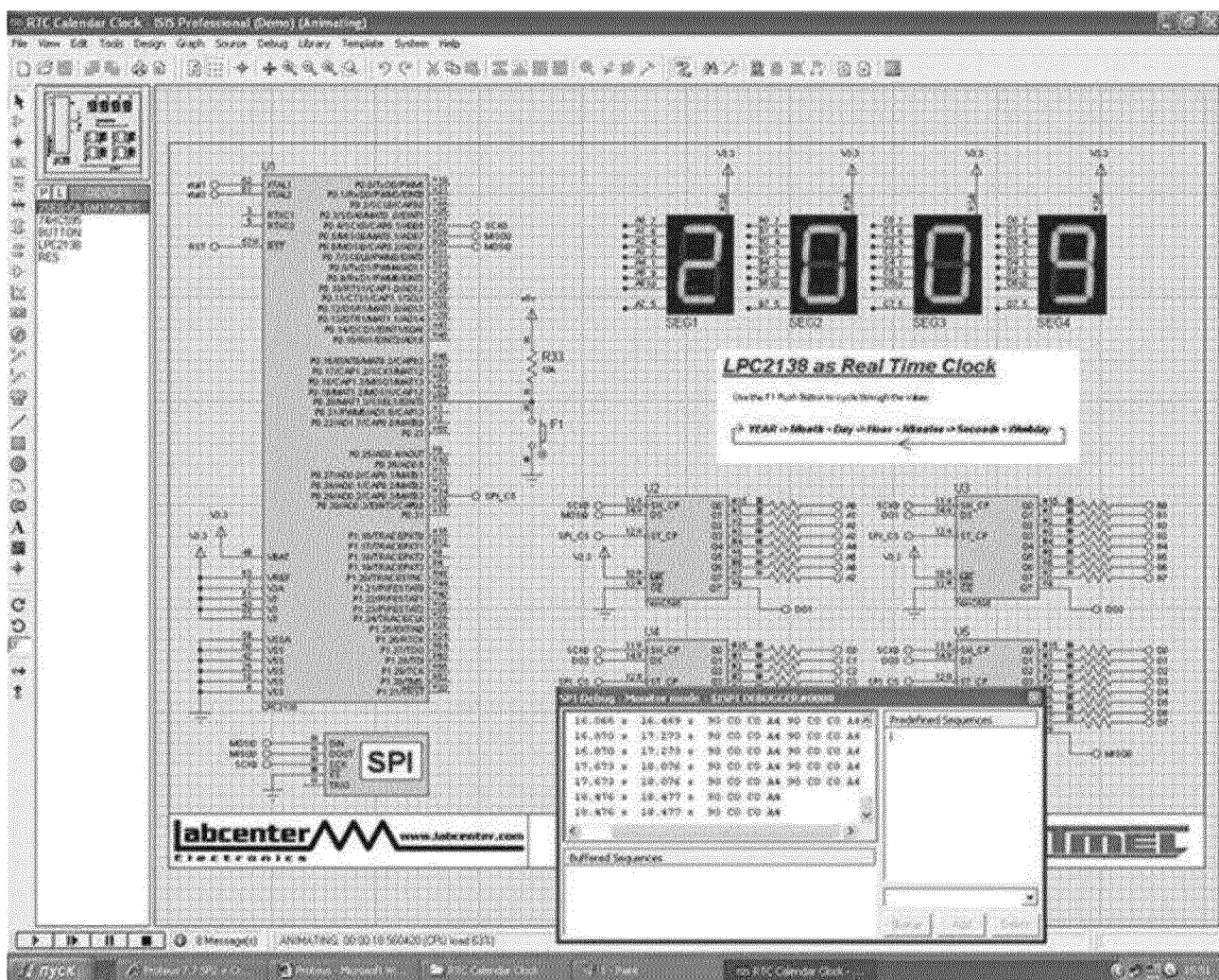


Рисунок 5.1 – Внешний вид программы proteus

Для демонстрации данной работы в программу необходимо добавить сторонние библиотеки, которые добавляют новые элементы, такие как, МКarduino, датчик движения, драйвер моторов.

Чтобы продемонстрировать работу каждого из режимов, для каждой системы сделано по одному датчику. В общем виде система в proteus будет выглядеть как на рисунке 5.2

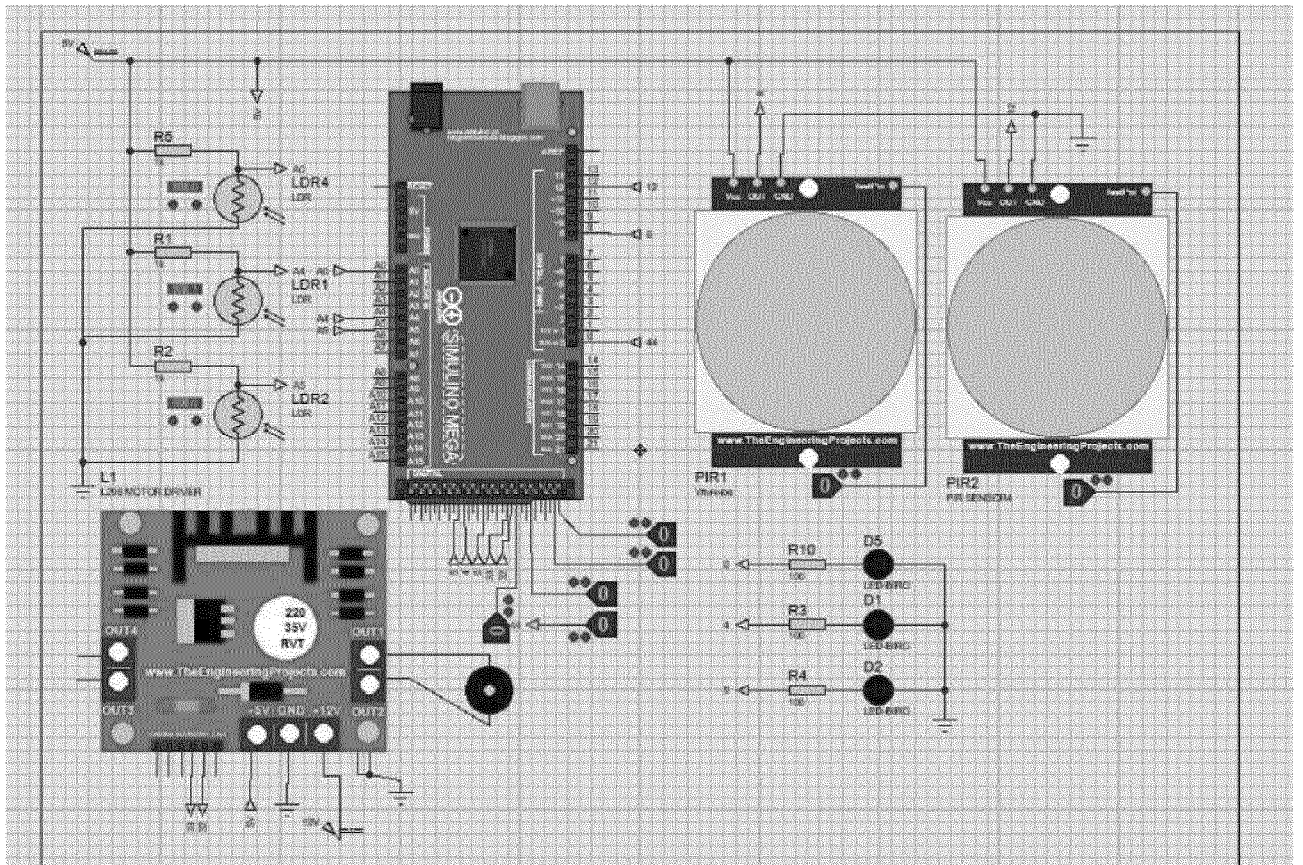


Рисунок 5.2 – Вид системы в proteus

Так как в proteusне все элементы удастся реализовать, некоторые будут заменены логическим сигналом, например, концевые выключатели.

## 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Данный раздел выпускной работы содержит краткие теоретические сведения о влиянии освещенности на безопасность трудовой деятельности, об основных светотехнических характеристиках, о расчете и нормировании искусственного освещения.

### **6.1 Влияние освещенности на безопасность труда**

Рациональное освещение помещения - один из важнейших факторов, от которого зависит эффективность трудовой деятельности человека. Наиболее важной областью оптического спектра электромагнитного излучения является видимый свет. Свет - это стимул зрительной сенсорной системы, которая дает нам информацию об окружающей среде. Параметры видимого света влияют на способность воспринимать ощущения и представления об окружающей среде.

Освещение выполняет полезную общефизиологическую функцию и способствует появлению благоприятного психического состояния людей. По мере улучшения освещения повышаются эффективность и качество работы, снижается утомляемость и вероятность правонарушений, травм и несчастных случаев. Недостаточное освещение приводит к утомлению глаз и общей утомляемости человека. В результате снижается внимание, ухудшается координация движений, что может привести при конкретной физической работе к несчастному случаю. Кроме того, работа при слабом освещении способствует развитию близорукости и других заболеваний, а также расстройствам нервной системы. Повышенное освещение также отрицательно сказывается на общем самочувствии и зрении, в первую очередь вызывая эффект ослепления.

### **6.2 Основные светотехнические характеристики**

Для гигиенической оценки условий освещения используются светотехнические единицы, принятые в физике. Видимое излучение - участок спектра электромагнитных колебаний в диапазоне длины волн от 380 до 770 нанометров (нм), воспринимаемый человеческим глазом. Световой поток  $F$  -

мощность лучистой энергии, оцениваемой по световому ощущению, воспринимаемому человеческим глазом. За единицу светового потока принят люмен (лм). Световой поток, отнесенный к пространственной единице - телесному углу  $\psi$ , называется силой света

$$I_{\alpha}: I_{\alpha} = dF/d\psi \quad (6.1)$$

где:  $dF$  - световой поток, равномерно распределяющийся в пределах телесного угла  $d\psi$ ; За единицу силы света принята кандела (кд). Освещенность  $E$  - плотность светового потока на освещаемой поверхности. За единицу освещенности принят люкс (лк):

$$E = dF/dS \quad (6.2)$$

где:  $dS$  - площадь поверхности, на которую падает световой поток  $dF$ . Яркость поверхности  $L$  в данном направлении - отношение силы света, излучаемого поверхностью в этом направлении, к проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную данному направлению. Единица яркости - кандела на квадратный метр (кд/м<sup>2</sup>)

$$I_a = dI_{\alpha}/dS \times \cos \alpha \quad (6.3)$$

где:  $dI_a$  - сила света, излучаемого поверхностью  $dS$  в направлении  $a$ . Яркость освещенных поверхностей зависит от их световых свойств, от степени освещенности, а в большинстве случаев также от угла, под которым поверхность рассматривается. Световые свойства поверхностей характеризуются коэффициентами отражения  $r$ , пропускания  $t$  и поглощения  $b$ . Эти коэффициенты безразмерные и измеряются в долях единицы ( $r + t + b = 1$ ) или в процентах:

$$r = F_r/F; \quad t = F_t/F; \quad b = F_b/F \quad (6.4)$$

где:  $F_r$ ,  $F_t$ ,  $F_b$  - соответственно отраженный, поглощенный и прошедший через поверхность световой поток  $F$  - падающий на поверхность световой поток. Требуемый уровень освещенности определяется степенью точности зрительных

работ. Для рациональной организации освещения необходимо не только обеспечить достаточную освещенность рабочих поверхностей, но и создать соответствующие показатели качества освещения. К качественным характеристикам освещения можно отнести равномерность распределения светового потока, яркость фона, контраст объекта с фоном и т. Д. Различайте прямой свет от ярких источников света и частей ламп, попадающих в поле зрения рабочих, и отраженный свет от поверхностей с зеркальным отражением. Блики в поле зрения вызывают чрезмерное раздражение и снижают чувствительность и работоспособность глаза. Это изменение нормальной зрительной функции называется ослеплением. Эффект ослепления зависит не только от яркости поверхности, направленной в сторону глаза, но и от контрастности дискриминации с фоном (К), которая определяется соотношением абсолютной разницы между яркостью объекта и фона. яркости фона: чем она меньше, тем больше бликов. Контраст объекта различения с фоном (К) считается: большим - при  $K > 0,5$ ; средним - при  $K = 0,2 - 0,5$ ; малым - при  $K < 0,2$ . Чтобы избежать слепящего действия света, необходимо подвешивать лампы на определенной высоте, которую выбирают в зависимости от мощности лампы и защитного угла (угла падения света на рабочее место) с учетом отражающих поверхностей. Для повышения видимости целесообразно увеличить контраст различаемых объектов, что более эффективно и экономично в сравнении с увеличением освещенности рабочей поверхности. При повышении контраста следует учитывать цветность и коэффициенты отражения объектов и фона. Фоном считается поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается, фон характеризуется способностью отражать световой поток и считается светлым при коэффициенте отражения поверхности  $r > 0,4$ , средним при  $r = 0,2 - 0,4$  и темным при  $r < 0,2$ . Для повышения равномерности распределения яркостей в поле зрения потолка, и стены рекомендуется окрашивать в светлые тона: салатовый, светло-желтый, кремовый, светло-зеленый или бирюзовый. Производственное оборудование рекомендуется

окрашивать в светло-зеленые тона, движущиеся части - светло-желтые, а открытые механизмы в ярко-красный цвет. Для освещения производственных, служебных, бытовых помещений используют естественный свет и свет от источников искусственного освещения. Искусственное освещение нормирование безопасность. Искусственное освещение. Нормирование и расчет Искусственное освещение предоставляется в помещениях, где недостаточно естественного света, или для освещения комнаты в течение дня, когда естественного света нет. Искусственное освещение может быть общим (все производственные объекты освещаются однотипными лампами, равномерно расположенными над освещаемой поверхностью и оснащенными лампами одинаковой мощности) и комбинированным (локальное освещение на рабочих местах добавляется к общему освещению лампами, расположенными в аппараты, станки, приспособления и т. д.). Использование только местного освещения недопустимо, так как резкий контраст между ярко освещенными и неосвещенными участками утомляет глаза, замедляет процесс работы и может послужить причиной несчастных случаев и аварий. По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на рабочее, дежурное, аварийное. Рабочее освещение обязательно во всех помещениях и на освещаемых территориях для обеспечения нормальной работы людей и движения транспорта. Дежурное освещение включается во вне рабочее время. Аварийное освещение предусматривается для обеспечения минимальной освещенности в производственном помещении на случай внезапного отключения рабочего освещения. В современных многопролетных одноэтажных зданиях без световых фонарей с одним боковым остеклением в дневное время суток применяют одновременно естественное и искусственное освещение (совмещенное освещение).

В современных осветительных установках, предназначенных для освещения производственных помещений, в качестве источников света используются лампы накаливания, галогенные и газоразрядные. Свечение в



лампах накаливания происходит за счет нагрева вольфрамовой нити до высокой температуры. Галогенные лампы накаливания наряду с вольфрамовой нитью содержат в колбе пары того или иного галогена (например, иода), который повышает температуру накала нити и практически исключает испарение. Они имеют более продолжительный срок службы (до 3000 ч) и более высокую светоотдачу (до 30 лм/Вт). Газоразрядные лампы излучают свет в результате электрических разрядов в парах газа. На внутреннюю поверхность колбы нанесен слой светящегося вещества - люминофора, трансформирующего электрические разряды в видимый свет. Различают газоразрядные лампы низкого (люминесцентные) и высокого давления. Люминесцентные лампы создают в производственных и других помещениях искусственный свет, близкий к естественному, дешевле других ламп и создают более гигиенически благоприятное освещение. К другим преимуществам люминесцентных ламп относятся больший срок службы (10000 ч) и высокая световая отдача, достигающая для ламп некоторых видов 75 лм/Вт, т. е. они в 2,5-3 раза экономичнее ламп накаливания. Свечение происходит со всей поверхности трубки, а, следовательно, яркость и слепящее действие люминесцентных ламп значительно ниже ламп накаливания. Низкая температура поверхности колбы делает лампу относительно пожаробезопасной. Несмотря на ряд преимуществ, люминесцентное освещение имеет и некоторые недостатки: пульсация светового потока, вызывающая стробоскопический эффект (искажение зрительного восприятия объектов различия - вместо одного предмета видны изображения нескольких, а также направления и скорости движения); дорогостоящая и относительно сложная схема включения, требующая регулирующих пусковых устройств (дрессели, стартеры); значительная отраженная блескость; чувствительность к колебаниям температуры окружающей среды (оптимальная температура 20 - 25 °С) понижение и повышение температуры вызывает уменьшение светового потока.

Для освещения помещений, как правило, следует предусматривать газоразрядные лампы низкого и высокого давления. При необходимости допускается использование ламп накаливания. Источники света выбираются с учетом рекомендаций СНиП 23-05-95. Для искусственного освещения стандартизированным параметром является освещенность. СНиП 23-05-95 устанавливают минимальные уровни освещенности рабочих поверхностей в зависимости от точности визуальной работы, контрастности объекта и фона, яркости фона, системы освещения и типа используемых ламп. Нормами установлена наименьшая освещенность, при которой обеспечивается выполнение зрительной работы. Кроме того, нормируется степень равномерности освещения источниками общего и местного освещения при комбинированном освещении с целью обеспечения более полной зрительной адаптации в наименьший отрезок времени. Чтобы ослабить блики от открытых источников света и освещенных поверхностей с чрезмерным ослеплением (ослеплением), стандарты предусматривают ряд защитных мер: минимальная высота подвеса над уровнем пола обычных светильников, наличие отражателей и допустимая яркость светорассеяния. Расчет электрического освещения выполняется при проектировании осветительных установок для определения общей установленной мощности и мощности каждой лампы или количества всех светильников. Существует несколько методов расчета освещения, наиболее простой - метод удельной мощности, но он менее точен и им пользуются только для ориентировочных расчетов. Удельную мощность вычисляют по формуле:

$$w = \frac{n \times P}{S} \quad (6.5)$$

где  $n$  - число светильников;  $P$  - мощность лампы, Вт;  $S$  - освещаемая площадь, м<sup>2</sup>. Значение удельной мощности указано в таблицах справочников по светотехнике в зависимости от типа светильника, высоты его подвеса, площади пола и требуемой освещенности. Обычно при расчете задаются всеми параметрами

установки и числом светильников  $n$ , по таблице находят  $W$  и выбирают мощность лампы, ближайшей к определяемой из выражения  $W \cdot S/n$ . Основной метод расчета - по коэффициенту использования светового потока, которым определяется поток, необходимый для создания заданной освещенности горизонтальной поверхности при общем равномерном освещении с учетом света, отраженного стенами и потолком. Расчет освещения начинают с выбора типа светильника, который принимается в зависимости от условий среды и класса помещений по взрывопожароопасности. При использовании в качестве источника света ламп ДРЛ расчет освещения производится по формуле (6.6), предварительно задавшись количеством принятых светильников при условии их равномерного распространения. В этом случае определяется световой поток лампы, по которому определяют мощность лампы.

$$\Phi_{\text{Л}} = \frac{E_{\text{н}} \times S \times k \times z}{N \times \eta \times n} \quad (6.6)$$

где:  $\Phi_{\text{Л}}$  - световой поток лампы, лм;

$E_{\text{н}}$  - нормированная освещенность, лк;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока;

$S$  - освещаемая поверхность, на квадратный метр;

$k$  - коэффициент запаса;

$N$  - количество принятых светильников;

$z$  - коэффициент минимальной освещенности (для ламп накаливания и ДРЛ  $z = 1,15$ , для люминесцентных ламп  $z = 1,1$ );

$n$  - число ламп в светильнике. При использовании светильников с люминесцентными лампами и при расположении их в виде световой линии, световой поток лампы определяется по формуле (6.7):

$$\Phi_{\text{Л}} = \frac{E_{\text{н}} \times S \times k \times z}{N_p \times \eta \times n_1 \times n_2} \quad (6.7)$$

где:  $n_1$  - количество светильников в ряду;

$n_2$  - число ламп в светильнике;

$N_p$  - количество рядов.

Нормированную освещенность ( $E_n$ ) принимают по СНиП 23-05-95, в соответствии с принятой системой освещения и условиями зрительной работы. Количество светильников или рядов определяют методом распределения (развешивания) для достижения равномерной освещенности площади. Основным параметром для развешивания светильников является отношение высоты подвески ( $H_p$ ) к расстоянию между светильниками или рядами ( $L$ ), при котором создается равномерное освещение. Отношение  $H_p/L$  принимаются в пределах 1.4÷2. Коэффициенты использования светового потока для принятого типа светильника определяют по индексу помещения  $i$  и коэффициентам отражения потолка ( $\rho_n$ ), стен ( $\rho_c$ ), и пола ( $\rho_p$ ). Индекс помещения:

$$i = \frac{A \times B}{N_p \times (A+B)} \quad (6.8)$$

где:  $A$  и  $B$  - соответственно длина и ширина помещения, м;

$H_p$  – высота подвеса светильников, м.

Определив световой поток лампы светильника, подбирают ближайшую стандартную лампу. По окончании монтажа системы освещения обязательно проверяют освещенность. Если фактическая освещенность отличается от расчетной более чем на -10 и +20%, то изменяют схему расположения светильников или мощность ламп.

## 7 ОБЩАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Снижение эксплуатационных расходов возможно за счет использования надежного оборудования с низким энергопотреблением и высокой степенью интеграции.

Затраты на освещение складываются из:

- счета коммунальному предприятию за потребленную электроэнергию;
- обслуживание осветительного оборудования (ремонт, замена ламп, утилизация ламп, заработная плата технического персонала);
- текущая работа системы освещения (регулярные обходы и проверки, заработная плата диспетчеров и т.д.);
- обслуживание запасных частей к оборудованию и светильников в эксплуатации.

Количество электроэнергии, затрачиваемой на освещение, можно последовательно уменьшить следующими способами:

1. Используйте энергоэффективные источники света. В настоящее время наиболее эффективными источниками света являются светодиодные источники. Их энергопотребление при аналогичной светоотдаче как минимум в 2 раза ниже, чем у люминесцентных источников света, и как минимум в 4 раза ниже, чем у галогенных ламп и ламп накаливания;

2. Применить автоматическое управление освещением. Использование автоматизированного управления освещением позволяет в автоматическом режиме реализовать следующие возможности:

– с учетом внешнего освещения (инсоляции) уменьшение яркости светильников в тех местах, где есть внешнее освещение;

- учет присутствия персонала в помещениях, исключая возможность неконтролируемого потребления электроэнергии в помещениях, например, в общественных местах, в то время, когда люди отсутствуют в таких помещениях;

- автоматические режимы изменения освещения по заранее установленному времени, позволяющие уменьшить освещение в конце рабочего дня, в выходные и т. д.

Примените технологию беспроводного управления освещением. В результате появляется возможность сократить объем проектных и строительных работ по электрическим сетям и слаботочным системам рисунок 7.1 ниже является примером практической реализации проекта по внедрению системы управления освещением.

Этот пример наглядно демонстрирует снижение энергопотребления за счет установки и ввода в эксплуатацию системы управления освещением напрямую.

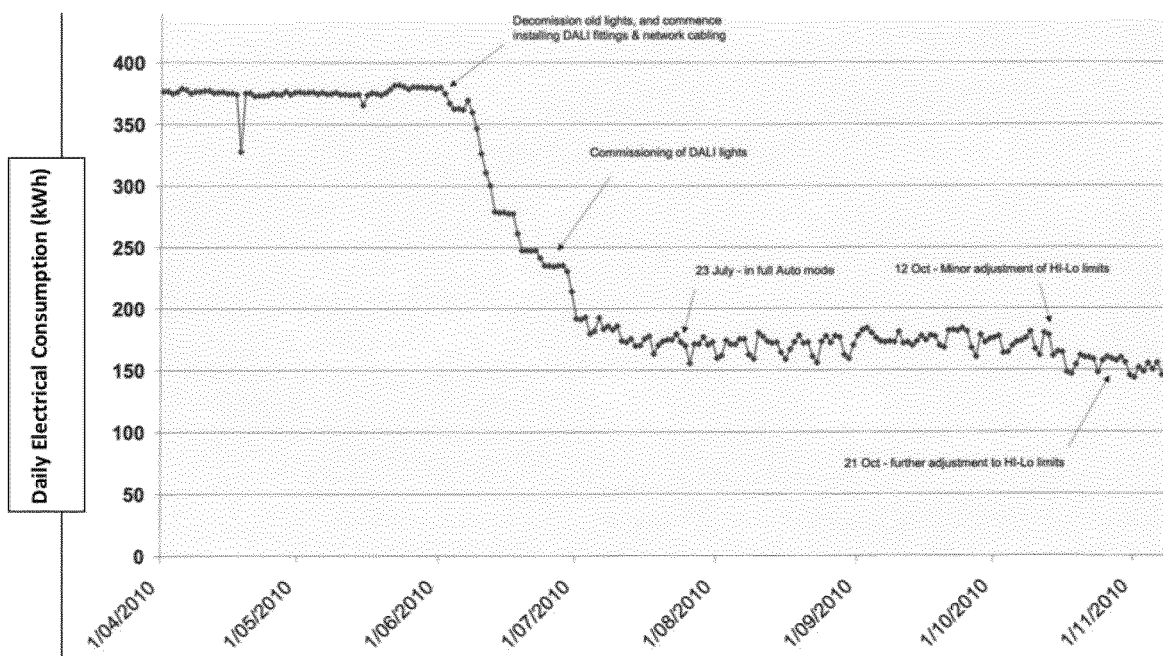


Рисунок 7.1 – Снижение энергопотребления

В данном примере источники света остались прежними (люминесцентными), экономия была достигнута исключительно за счет автоматического управления освещением, что позволило снизить потребление электричества с 360 кВт до 150 кВт, т.е. более чем в два раза, исключительно только внедрив автоматическое управление.

Система управления осветительными приборами и терминалами позволяет управлять из одной точки, а также автоматически проверять работоспособность каждого элемента.

Использование управления освещением в высокотехнологичных объектах насыщения (дата-центры, цеха и производственные здания, складские комплексы, помещения общего доступа, технологические центры и т. Д.) Позволяет не только снизить затраты на освещение, но и значительно упростить обслуживание осветительного оборудования.

При грамотном подходе к проектированию системы электроосвещения, используя светодиодные светильники и технологии управления - DALI, Tridium и другие технологии, расходы на освещение можно снизить в три и более раз.

Применяя технологию EnOcean для организации работы беспроводных датчиков и устройств, например клавиш включения освещения, можно сэкономить до 80 % процентов средств, затрачиваемых при реализации проекта по стандартной проводной схеме.

Это достигается не только экономией на электропроводке и материалах, но и снижением стоимости и времени проектных работ. Выбор в пользу таких технологий делают архитекторы как инструмент для создания уникальных решений, владельцы зданий и операторы зданий, так как существует множество вариантов перестройки и адаптации алгоритмов управления автоматизацией здания на протяжении всего жизненного цикла.

Важной частью энергопотребления современных городов является стоимость электроэнергии для освещения. Это освещение жилых домов, офисных зданий, торгово-развлекательных центров и производственных помещений, световая реклама, уличное освещение и архитектурное освещение городских достопримечательностей. Экономия можно получить, заменив устаревшие осветительные приборы на новые энергосберегающие лампы. Автоматизация систем освещения также позволит сэкономить электроэнергию.

Проблема энергоэффективности не может быть решена только с помощью энергосберегающих ламп. Для снижения затрат на электроэнергию важно как можно скорее начать внедрение энергоэффективных технологий в систему освещения.

Исследование работы аналоговых систем управления освещением, работающих на основе фоторезисторов (аналоговых световых датчиков), показало, что даже самый простой вариант автоматизации позволяет значительно снизить потребление электроэнергии. Инновационные технологии помогут вам сэкономить еще больше. Кроме того, они обладают дополнительными возможностями и обладают рядом важных преимуществ.

На российском рынке систем управления освещением (СУО) уже давно доминируют производители комплектующих. Было всего несколько компаний, которые предлагали решения «под ключ».

Однако, по мнению специалистов, в большинстве случаев отдельные элементы оказываются малоэффективными. Они не могут обеспечить уровень функциональности, требуемый при проектировании системы. В первую очередь, речь идет о регулировке яркости ламп. Кроме того, возникают трудности с монтажом электропроводки и установкой аппаратуры управления дневным светом. Это часто приводит к сбоям в работе систем освещения и жалобам клиентов. На протяжении десятилетий все LMS были аналоговыми. Они были построены по классической схеме и могли отличаться лишь незначительными деталями. Ответственное лицо обычно является ключевым элементом такой системы. К нему с одной стороны подключены датчики, а с другой – исполнительные устройства. Все контроллеры обмениваются данными через аналоговую связь. Установка, ввод в эксплуатацию и настройка такой СУО сопряжены с определенными трудностями. Однако задача усложняется, если при проектировании системы одновременно подключено несколько драйверов.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы была разработана одна из подсистем умного дома, отвечающая за управление естественным и искусственным освещением. Работа была привязана к определенной структуре. Система основана на использовании Arduino nano МК на базе AtMega1280. Система управляет освещением внутри и снаружи помещения, а также во дворе дома.

Были достигнуты следующие результаты: создана общая структура системы; проведён анализ существующих проектов и определена актуальность темы; выбрана аппаратная часть системы; разработаны алгоритмы управления; составлена модель системы в среде Proteus.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. РД 50-34.698-90. Методические указания. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов. – Москва,Стандартинформ, 1990 – 72с
2. Образовательный раздел [Электронный ресурс]– Режим доступа: <http://wiki.amperka.ru/>. – 06.05.2021
3. ГОСТ 34.601-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания.[Электронный ресурс]: – Режим доступа:<https://iot.ru/wiki/umnoe-osveshchenie>. – 02.05.2021
4. «Умный дом» Ростелекома [Электронный ресурс].– Режим доступа:<https://info.sibnet.ru/article/544522/>. – 0.5.0.4.2021
5. Официальный дистрибьютор завода HDLв России [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://www.hdlautomation.ru> – 21.05.2021
6. Аппаратная платформа ардуино [Электронный ресурс].–Режим доступа:<http://arduino.ru>. – 12.04.2021
7. Фоторезистор ардуино и датчик освещенности [Электронный ресурс]: – Режим доступа:<https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/photorezistor-arduino-datchik-sveta/>. – 17.04.2021
8. Arduinoи HC-SR501 [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://voltiq.ru/arduino-and-sensor-hc-sr501/>. – 16.04.2021
9. Модуль драйвера двигателей L298Ni Arduino[Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://zelectro.cc/motorshieldl298narduino>. – 19.05.2021

10. ГОСТ 19.701-90 Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные Обозначения и правила выполнения. - Взамен ГОСТ 19.002-80, ГОСТ 19.003-80; введ. 01.01.1992. – Москва: Стандартиформ, 2010 – 22 с.