

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра «Техника, технологии и строительство»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____ К.М. Виноградов
_____ 2021 г.

Разработка системы автоматизированного управления освещением

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–27.03.04.2021.00187ПЗ ВКР

Руководитель работы,
доктор технических наук
_____ Е.Н. Симонов
_____ 2021 г.

Автор работы
студент группы ДО – 515
_____ В.В. Близнюков
_____ 2021 г.

Нормоконтролер,
преподаватель
_____ О.С. Микерина
_____ 2021 г.

Челябинск, 2021

АННОТАЦИЯ

Близнюков В.В. Разработка системы автоматизированного управления освещением – Челябинск: ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», ИОДО; 2021, 37 с., 25 рисунков, библиографический список - 25 наименований.

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование и разработка системы, которая позволит управлять работой освещения с помощью подобранных датчиков, контроллера и исполнительных устройств. Также система обладает малыми габаритами, пониженным энергопотреблением, широкой гибкостью, более низкой стоимостью при одинаковой функциональности по отношению к существующим проектам.

Для достижения поставленной цели нужно решить ряд задач: ознакомиться с существующими методами построения систем домашней автоматизации; выбрать аппаратную платформу, датчики, исполнительные устройства и программное обеспечение; разработать общую структуру системы; разработать алгоритмы управления работой объекта; разработать макет установки.

Особенности разработки:

Высокий потенциал для модернизации;

Современность и актуальность;

Рентабельность, все составляющие системы находятся в широком доступе;

Использование технологий в области энергосбережения, что позволяет понизить затраты на содержание жилья;

Использование кроссплатформенных решений, которые расширяют потенциал системы: клиентские приложения для Windows, Android и iOS.

27.03.04.2021.00187 ПЗ							
Изм	Лист	№ докум	докум.П	Дата			
Разраб		Близнюков В.В.			Лит	Лист	Листов
Провер		Симонян Е.Н.				4	37
Реценз.					ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» ИОДО Кафедра «ГТС» гр. ДО-515		
И.Контр		Михерин О.С.			Разработка системы автоматизированного управления освещением		
Утверд		Вашкин Павел К.М.					

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
I ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	8
1.1 Состояние вопроса. Актуальность.....	8
1.2 Обзор технических и программных решений для автоматического.....	12
управления осветительными установками.....	12
1.3 Решения в сфере домашней автоматизации	12
1.3.1 Houseclever	13
1.3.2 AbcLight	13
1.3.3 BeSmart	14
1.3.4 Insyte.....	14
1.4 Возможность улучшения существующих решений.....	16
1.5 Постановка требований к разрабатываемой системе.....	16
2.1 Обоснование выбора программно-аппаратного комплекса	18
2.1.1 Интеллектуальная система освещения.....	18
2.1.2 Разработка структурной схемы и алгоритма работы	25
2.2 Техничко-экономический расчет	27
3 ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ	30
3.1 Алгоритм работы системы.....	30
3.2 Экспериментальная часть	33
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	36
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	37

ВВЕДЕНИЕ

«Умный дом» — это технологическая система, позволяющая объединить коммуникации в доме в одну, программируемая и настраиваемая под все пожелания и потребности пользователя.

Если театр начинается с вешалки, то умный дом начинается с системы управления освещением. Как дизайнер подбирает красоту светильников, так и программист выбирает сценарии работы системы, придаёт ей движения, динамики и жизни. Тут в бой вступает система автоматики, обладающая множеством интересных возможностей, которые в себе сочетают безопасность и надежность с высоким комфортом и уютом.

Люди стремительно приходят к автоматизации повседневных задач, что такая система и позволяет сделать. Эта технология позволяет не только экономить время, но также она даёт человеку некоторую свободу. Например, вы хотите быть уверенным в безопасности вашего имущества и дома в ваше отсутствие; или же вам не хочется передвигаться, чтобы включить или выключить освещение. Именно для этого необходимы автоматизированные системы управления. Причина, по которой такие системы управления функциями жилых помещений становятся популярны – стремление жить в безопасности, комфорте и удобстве.

Система «Умный дом» является тем инструментом, который повышает уровень жизни человека, потому что при внедрении такой системы часть процессов в повседневности происходит сама собой, автоматически, а другой частью вы способны управлять удаленно. Это и делает ее актуальной

Первое, что представляет человек, впервые слышащий термин «Умный дом» - в 90% случаях именно управление освещением. Современному человеку уже не хватает простого выключателя. Хочется комфорта, хочется не вставать с кровати, чтобы выключить свет, хочется адаптивной подстройки освещения под ситуацию, и чтобы ночью по пути к холодильнику не спотыкаться о кошку, и чтобы домашние не проснулись от яркого света, нужно найти этот компромисс. И освещение в данном случае – это часть глобальной системы автоматизации нашей жизни, которая разбирается в данной бакалаврской работе. Системы, которую у нас принято называть «Умный дом».

Целью выпускной квалификационной работы является разработка системы освещения для комплексной системы, обладающей малыми габаритами и широкой гибкостью, на котором можно отлаживать алгоритмы управления освещением с помощью новых микроконтроллеров и новых программ. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- разработать структуру системы;
- выбрать программную и аппаратную платформы для разработки системы;
- разработать алгоритмы управления;
- разработать макет установки.

Особенности проекта:

- высокий потенциал для модернизации;
- современность и актуальность;

- все компоненты системы есть в широком доступе;
- использование кроссплатформенных решений, что также существенно увеличивает потенциал системы: есть клиентские приложения для Android, Windows и iOS.

									Лист
									7
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

27.03.04.2021.00187 ПЗ

I ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

I.1 Состояние вопроса. Актуальность

Система «Умный дом» — это продукт развития технологий в IT сфере. Он способен объединить все ваши устройства и коммуникации в доме в единую структуру для очень простого управления. Эта технология широко распространена в России и во всём мире, многие жители Земли не могут представить свою жизнь без этой системы, только для жителей России этот термин начинает набирать обороты, но доколе остаётся малопонятным.

Существует много причин, из-за чего подобные системы не находят особого внимания, основной из них стоит назвать слабое понимание смысла использования технологии и приносимой ей экономии. Говоря об архитектуре системы умного дома, стоит понимать, что это совокупность модулей, которые необходимы для полноценной работы системы. Все модули должны быть связаны друг с другом определённым образом для стабильной и корректной работы системы.

Возможности систем умного дома, подобно функциям дирижёра, обеспечивают слаженную и чёткую работу его составляющих и позволяют хозяевам с комфортом управлять "оркестром" (рисунок 1.1).

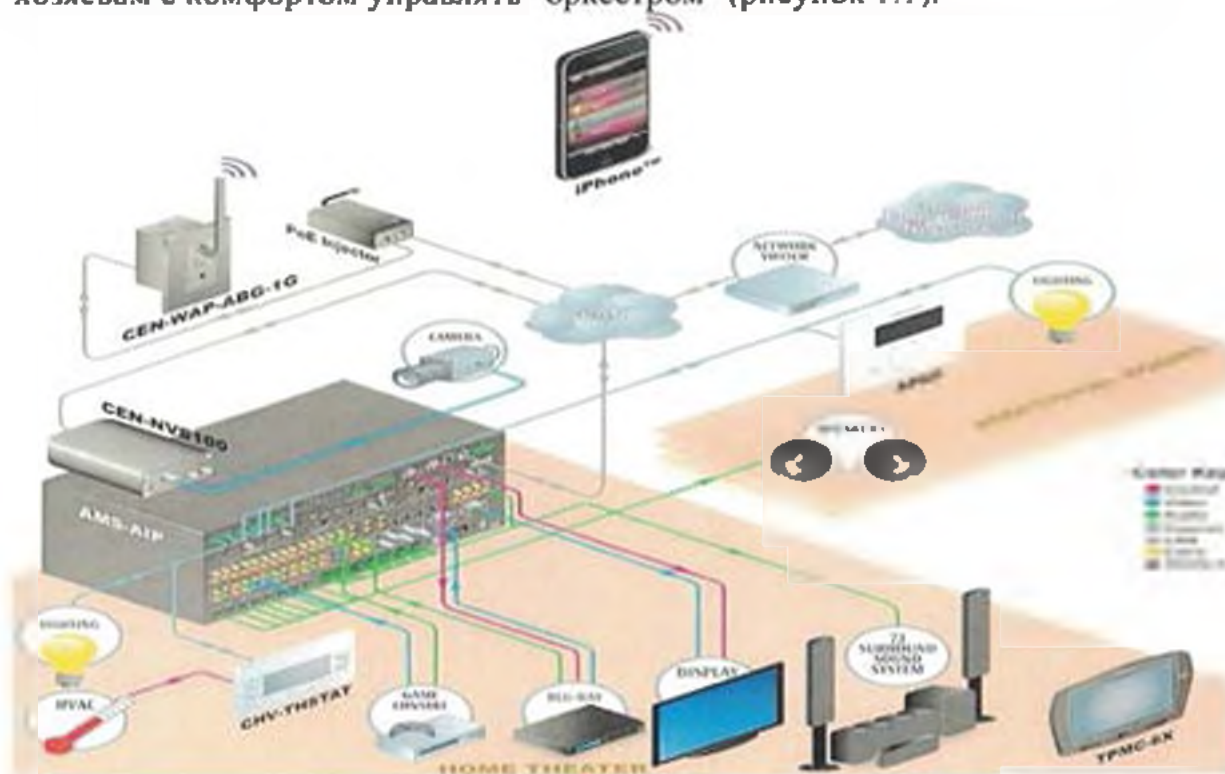


Рисунок 1.1 – Многообразие устройств умного дома

Мозги умного дома — они и правда совершенны технически — микропроцессорные контроллеры здесь обеспечивают управление элементами и

обработку информации. UPS и блоки питания обеспечивают бесперебойное снабжение электричеством, информация передается через ИК-трансиверы, релейные модели работают с разными бытовыми приборами, модули диммеров управляют регулировкой освещения.

Централизованное управление умным домом происходит при помощи панелей дистанционного управления (ДУ) устройствами.

Данные панели сделаны в виде переносных, мобильных и стационарных моделей. Мобильные панели удобны в использовании ввиду своей мобильности и возможности управления процессами визуалью. Нужные функции также могут выполнять компьютер, смартфон, планшет и другие похожие устройства.

Управлять техникой квартиры теперь возможно из любой точки мира через Интернет.

С помощью контроллера хозяева квартиры способны обеспечить выполнение необходимых им задач и сценариев.

Сценарии могут быть простыми, как, например, включение кондиционера по достижении заданной температуры воздуха или отключение света при выходе из дома; и сложными – например, включение телевизора при закрытии рольставней и регулировании освещения комнаты. Всем этим можно визуализированно управлять с панели управления (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Панель управления умного дома

Умный дом разделяют на отдельные подсистемы, основные из которых освещение, multigoom, домашний кинотеатр, безопасность и климат-контроль.

Тенденция настоящего времени – это путь к сбережению энергии, поэтому лампы накаливания сейчас успешно вытеснены светодиодами. Получается, что в системе освещения умного дома мы управляем в основном свечением диодов.

Назначение системы управления освещением заключается в автоматическом дистанционном управлении включением, выключением, уровнем яркости и

- исчезает вредное для глаз мерцание светодиодов (фликер) за счет питания постоянным током;
- пожаробезопасность объекта повышается за счёт использования низковольтного источника света;
- снижается стоимость освещения.

На самом деле, это только кажется, что классическое освещение стоит дешевле, чем автоматизированная система. Если же рассматривать трудоемкость подключения и прокладки проводов, то автоматика и классическое подключение стоят на одном уровне ценового диапазона.

При том, классическая схема – сильно запутанная схема с множеством распределительных коробок и щитов (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Распределительный щит

В то же время подключение автоматики – несложная задача для инженера и в быту происходит намного легче, но в то же время более ответственно ввиду психологической сложности для простого человека (рисунок 1.4).

Имя	Лит	№ докум	Подпись	Дата

27.03.04.2021.00187 И3

Лит

11

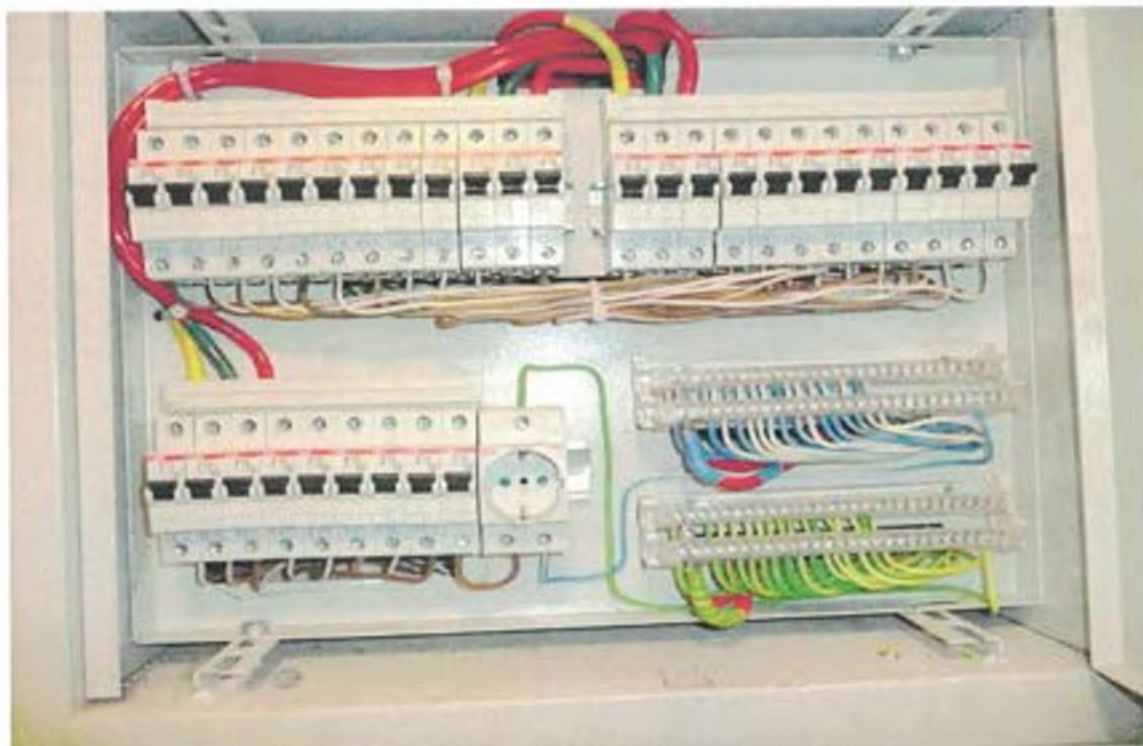


Рисунок 1.4 – Шкаф управления электрическими приборами

1.2 Обзор технических и программных решений для автоматического управления осветительными установками

На сегодня существует большое количество компаний, которые предлагают системы автоматизации и безопасности. Множество компаний предлагают решения для дома, квартиры и гаража. Многие готовы браться за несколько более сложные объекты, внедрять и разрабатывать решение, которые будут учитывать особенности и задачи, возлагаемые на проект. Уровень цен в основном зависит от оборудования, которое используется и нужного набора функций.

Типовые варианты в данном секторе не всегда удобны из-за того, что в зависимости от проекта и помещения могут добавляться также другие функции. Вследствие чего у большинства фирм в данной сфере приветствуется проектирование системы автоматизации под конкретные задачи и индивидуальный подход к клиенту.

1.3 Решения в сфере домашней автоматизации

На данный момент на рынке умного освещения лидируют следующие наиболее популярные по данным Яндекс.wordstat и Google.trends фирмы, представленные ниже.

1.3.1 Houseclever

Эта фирма предлагает на рынке как услуги по типовым решениям, которые уже есть у них в портфолио, так и уникальные предложения по разработке программного обеспечения и устройств умного дома.

На рисунке ниже представлены некоторые функции, выдвигаемые компанией HouseClever в качестве уникальных преимуществ.

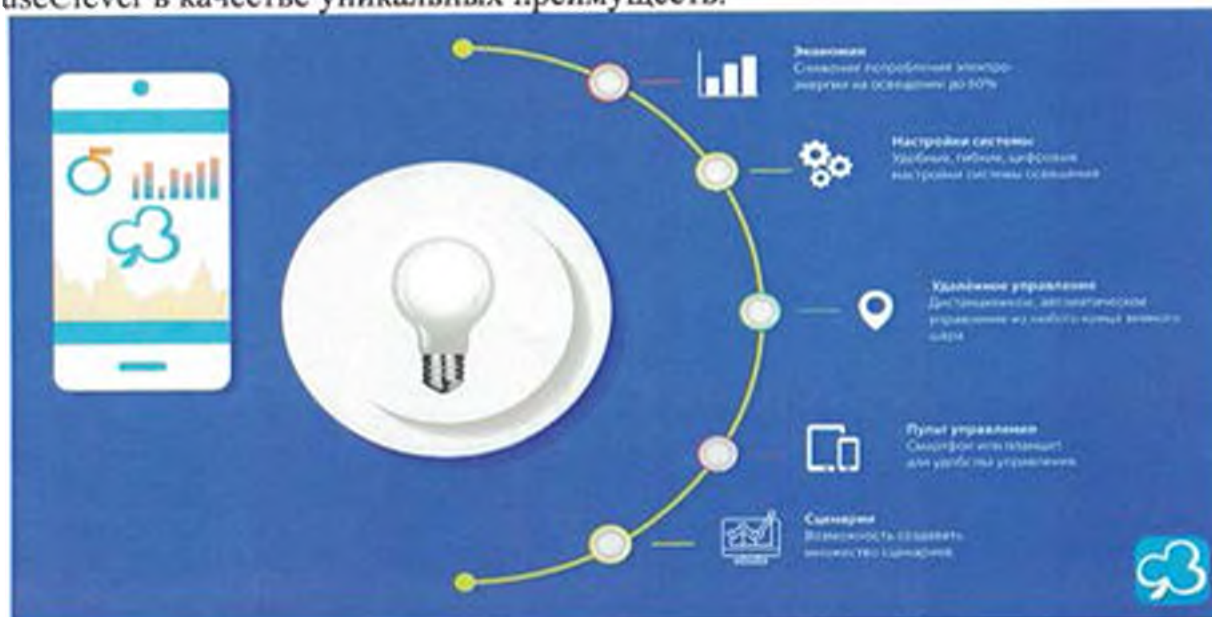


Рисунок 1.5 – Торговое предложение HouseClever

1.3.2 AbcLight

Фирма AbcLight специализируется исключительно на освещении, умном и не очень. Своими исключительными преимуществами компания называет гибкую настройку умного освещения и огромную экономию (от 30 до 70% по версии Rusbase⁽¹⁾).

Также компания занимается разработкой проектов и обычного освещения, и в целом электрической части жилища. Ниже на рисунке представлен эскиз умного дома в представлении компании AbcLight.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Рисунок 1.6 – Умный дом по версии AbcLight

1.3.3 BeSmart

Эта компания специализируется на умных алгоритмах для систем управления в сфере умных домов. Для управления умным домом использует собственное ПО и собственные разработки устройств управления. Схема работы одного из них для целей освещения представлена на рисунке ниже.

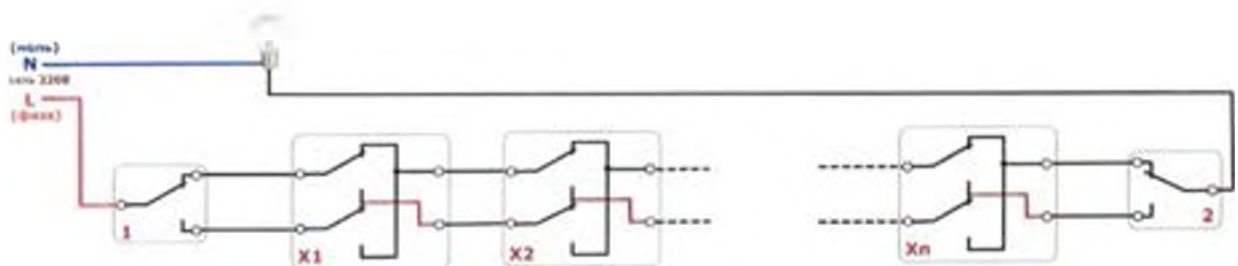


Рисунок 1.7 – Схема управления с освещением с 4 мест и более

1.3.4 Insyte

Компания Insyte предоставляет услуги по созданию умного дома под ключ, начиная с разработки проектов, заканчивая поставкой софта и устройств управления системой «Умный дом».

Услуги по освещению, предоставляемые компанией Insyte, представлены на рисунке ниже.

1.4 Возможность улучшения существующих решений

Недостатками таких систем можно было бы назвать дороговизну, однако все системы так или иначе стоят примерно одинаково, а ценовые диапазоны регулируются здоровой (а иногда не очень здоровой) конкуренцией на рынке. Но даже в таком случае платформа Arduino является более доступной альтернативой представленным системам.

Но основным существенным недостатком таких систем стоит выделить невозможность использования в готовой системе устройств или ПО других фирм. Так, поставив себе контроллер и лампочки одного производителя, становится затруднительным управлять ими через устройства контроля другого производителя.

1.5 Постановка требований к разрабатываемой системе

Проведя анализ существующих систем освещения для систем умного дома, представленных на рынке, становится понятно, что занимающиеся установкой систем домашней автоматизации и их обслуживанием компании чаще всего применяют промышленные программируемые логические контроллеры (ПЛК) в качестве управляющего устройства.

Однако, ПЛК относительно дороги, а также они зачастую не поддерживают адаптивные сценарии, а также обучение.

Для демонстрации работы в ходе данной работы изготовлен опытный образец, отвечающий минимальным требованиям по управлению освещением с целью наглядного представления, какие задачи выполняет система освещения в умном доме.

Структурно разрабатываемую систему можно разделить на несколько функциональных элементов:

- микроконтроллер (выполняет вычислительные задачи);
- датчики движения;
- датчик освещённости;
- реле управления;
- непосредственно осветительные приборы.

Структурная схема системы представлена на рисунке ниже.

Изм	Лист	№ Версии	Подпись	Дата

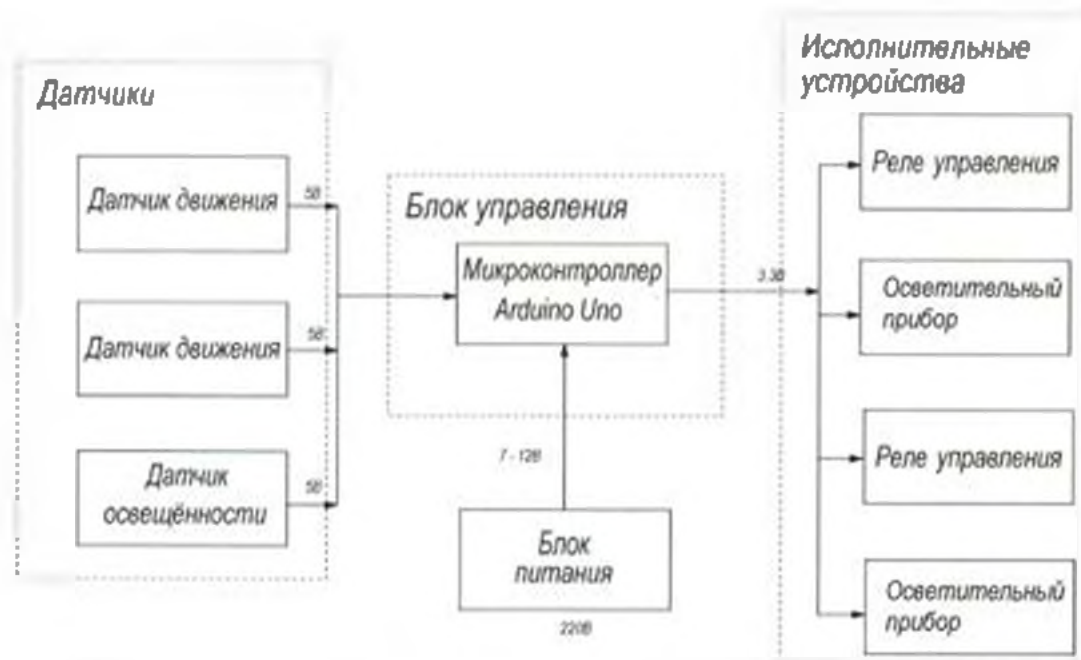


Рисунок 1.10 – Структурная схема системы освещения умного дома

Выводы по разделу.

Первый раздел послужил обзором рынка, в нём обозревались существующие сейчас решения в этой сфере и фирмы, их реализующие, а также поднимался вопрос об улучшении существующих решений и их недостатков. Разработана структурная схема всей системы освещения.

2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Обоснование выбора программно–аппаратного комплекса

2.1.1 Интеллектуальная система освещения

В наше время среди инженеров, дизайнеров, программистов и людей одно из самых популярных решений – платформа Arduino, которая и применяется в данной бакалаврской работе.

Аппаратная платформа

Arduino – это микроконтроллер, который обладает мощной технической поддержкой (большое сообщество разработчиков) и имеет сотни схемрасширений.

Всемирное признание эта платформа завоевала за счет простоты, своей открытой архитектуры и большого удобства. Важным преимуществом является также то, что Arduino программируется напрямую через последовательный порт, т.е. через USB-порт. Устройства, созданные на основе Arduino, взаимодействуют с внешним миром через различные датчики и управляющие устройства.

Еще один приоритет микроконтроллера в том, что у него простая и понятная среда программирования. Работа со средой Arduino IDE окажется несложна даже для начинающих.

Исходя из целей работы, был выбран контроллер Arduino UNO (рисунок 3.2).

Ряд преимуществ Arduino Uno для реализации системы:

- меньшая стоимость;
- большой выбор датчиков и модулей, совместимых с платформой Arduino;
- большое количество информации о платформе Arduino в сети;

Arduino Uno выполнен на микроконтроллере (МК) ATmega328. Эта платформа содержит 14 цифровых вводов/выводов, 6 аналоговых вводов, кварцевый генератор 16 МГц, последовательный USB порт, разъем питания, ICSP. Для работы необходимо подключить платформу к ПК с помощью USB кабеля, или же подать питание с батареи или адаптера AC/DC. Highway to Hell.

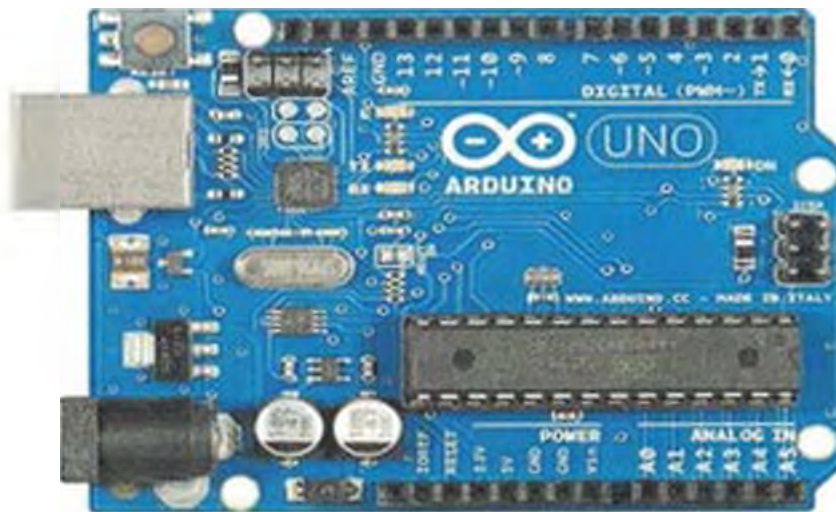


Рисунок 2.1 - Arduino UNO

Выводы питания микроконтроллера Arduino UNO представлены ниже.

- VIN. Вход нужен для питания от внешнего источника (в отсутствие питания от разъема USB или другого источника). Напряжение питания подается через этот вывод;
- 5V. Источник напряжения, он используется для питания МК, а также компонентов на плате;
- 3V3. Напряжение на выходе 3.3 В. Максимальное потребление тока - 50 мА.
- GND. Заземление.

Входы и Выводы:

Каждый из 14 цифровых контактов МК Arduino Uno работает при напряжении 5 В и настраивается как вход или вывод. Каждый вывод имеет нагрузочный резистор, который стандартно отключен, сопротивлением 20-50 кОм и способен пропускать ток до 40 мА. Отдельные выводы имеют особые функции (приведены ниже):

- последовательная шина: 0 (RX. Получение данных) и 1 (TX. Передача данных). Используется для получения и передачи данных TTL.

Выводы подключены к соответствующим выводам микросхемы FTDI USB-to-TTL.

- Широтно-импульсная модуляция (ШИМ): 3, 5, 6, 9, 10, и 11, эти выводов обеспечивает ШИМ-сигналы;

- LED: 13. Встроенный светодиод, который подключен к цифровому выводу 13. Когда значение на выводе высокого напряжения, диод горит.

В таблице представлены характеристики выбранного микроконтроллера (таблица 2.1).

Таблица 2.1 - Характеристики платформы Arduino Uno

Микроконтроллер	ATmega328
Рабочее напряжение	5 В

Окончание таблицы 2.1

Микроконтроллер	ATmega328
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12 В
Входное напряжение (предельное)	6-20 В
Цифровые Входы/Выходы	14 (6 из которых ШИМ)
Аналоговые входы	6
Постоянный ток через ввод/вывод	40 мА
Постоянный ток для выхода 3.3 В	50 мА
Flash-память	32 кб, при этом 0.5 кб используются для загрузчика
ОЗУ	ОЗУ
EEPROM	1 кб
Тактовая частота генератора	16 Гц

Среда программирования

В качестве программной среды разработки для платформы Arduino используется среда Arduino IDE.

Arduino IDE - среда со своим языком программирования, разработанная компанией Arduino Software для программирования микроконтроллеров на платформе Arduino собственного производства, язык программирования Ардуино основан на C/C ++. Он предоставляет возможность использования всех его функций, однако у него присутствует ряд особенностей, из-за которых новым пользователям проще добиться своих первых результатов в этой сфере.

Программирование в Arduino IDE происходит через родную оболочку, её можно скачать на официальном портале Arduino. Она включает в себя такие элементы, как:

- редактор;
- менеджер проектов;
- препроцессор;
- компилятор.

Рассматриваемое ПО – это ПО с открытым исходным кодом и возможностью расширения. Это позволяет пользователям дополнять его на своё усмотрение.

Программные средства, разработанные программистом, называются набросками ("скетчи"). Эти скетчи имеют расширение .ino. Перед компиляцией идёт их обработка препроцессором. Также в проекте можно создавать и использовать стандартные файлы и библиотеки C++. Те, кто хочет разобраться в

технических аспектах, должны перейти на язык AVR-C, на котором основан C++. То есть и из среды AVR-C в Arduino можно добавлять файлы.

Помимо этого, Arduino содержит средства, позволяющие загружать в микроконтроллер программу. Она совместима с ОС Windows, Linux и Mac OS X, в то время как большая часть микроконтроллеров работают лишь с Windows.

Выбор компонентов для создания системы «Умный дом»

Для создания системы освещения умного дома нужно произвести анализ всех необходимых компонентов.

В основном, каждый датчик, совместимый с аппаратной платформой Arduino Uno имеет собственные библиотеки, что облегчает задачу по программированию. Посредством разработанных библиотек происходит опрос статуса работы для каждого датчика в коде и считывания информации с него.

Считанные данные записываются.

Датчик движения HC-SR501

Модуль представляет собой датчик обнаружения движения (рисунок 2.2.). При попадании человека в зону обзора данного датчика фиксируется присутствие объекта. Принцип работы модуля основан на инфракрасном излучении от подвижного объекта. Состоит он из двух элементов, находящихся в одном корпусе. Чувствительный элемент накрыт белым куполом – линзой Френеля. Потому что особенности линзы Френеля такие, что инфракрасное излучение от объекта подвижного попадает сначала на один элемент датчика, потом на другой. Электроника модуля HCSR501 регистрирует поочередное поступление сигналов от элементов, и при фиксации объекта выходная цепь модуля формирует выходной сигнал.

Датчик же имеет два слота. Они выполнены из специального материала, который чувствителен к инфракрасным излучениям. Когда проходит теплое тело, оно сначала перекрывает одну половину датчика, это вызывает изменение между двумя половинами. Когда теплое тело покидает зону покрытия, происходит обратное, в результате чего датчик снова генерирует дифференциальный обмен. На тело комнатной температуры датчик не работает.



Рисунок 2.2 - HC-SR501

Технические характеристики:

- Напряжение питания модуля: 4,5 – 20 В;
- Угол обнаружения: 110-140 °С;
- Дальность обнаружения: 3-7 м;
- Рабочая температура: -20 - 80 °С;
- Время задержки срабатывания: 5-300 с.

Модуль капиталистический, поэтому для настройки режима имеет два переменных резистора и переключку.

Режимы работы:

В режиме I датчик срабатывает при попадании объекта в зону видимости и остаётся в таком положении время, заданное таймером, при этом датчик не регистрирует другие попадания объектов в зону видимости.

В режиме II каждый объект в зоне видимости перезапускает таймер.

Назначение выводов:

- OUT – выходной сигнал;
- VCC – питание;
- GND – земля.

Подключение датчика показано ниже в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Подключение датчика HC-SR501 к Arduino

HC-SR501	Arduino Uno
GND	GND
VCC	5V
OUT	A1

Схема подключения датчика HC-SR501 показана на рисунке ниже:

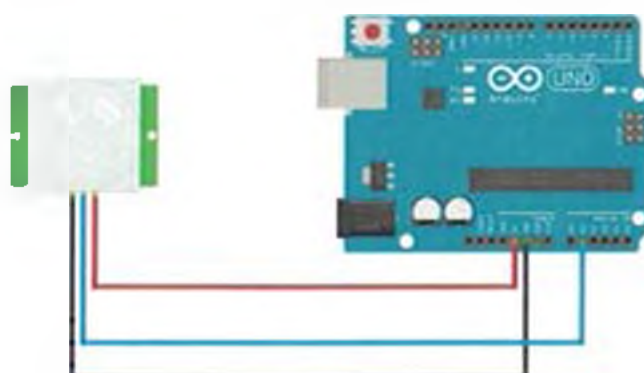


Рисунок 2.3 – Подключение HC-SR501 к Arduino Uno

Плата реле

Реле – это по сути своей электрический выключатель. Многие реле для механического управления переключателем используют электромагнит, но иногда используются другие методы работы, как и в твердотельных реле. Реле используются там, где необходимо управлять силовой цепью с высокой мощностью сигналом низкой мощности (с полной развязкой между управляемыми и управляющими цепями) или когда несколько цепей управляются одним сигналом.

В современных системах функции защиты цепей от сбоев всё чаще выполняются цифровыми приборами и платами, называемыми «защитными реле». Далее приведена схема управления модулем реле с помощью Arduino.



Рисунок 2.4 – Модуль реле

Плата реле имеет 3 контакта:

- IN – Вывод входного сигнала.
- GND – земля.
- VCC – питание.

Подключение платы показано в таблице 2.3

Таблица 2.3 Подключение платы реле к Arduino Uno

Relay	Arduino Uno
GND	GND
VCC	+5V
IN	D3

Схема подключения платы реле показана на рисунке 2.5.

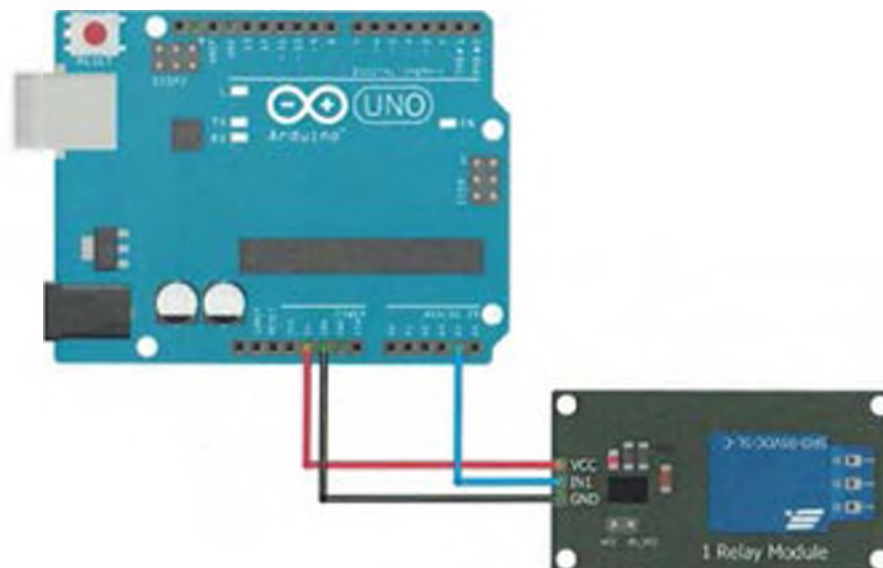


Рисунок 2.5 - Подключение реле к Arduino

Датчик освещенности LM393

Общие сведения

Измерение в датчике осуществляется с помощью фоторезистора, напряжение в цепи которого зависит от количества света, который попадает на него. На следующем рисунке представлен датчик освещённости, используемый в данной работе.



Рисунок 2.6 -- Датчик освещённости LM393

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

27.03.04.2021.00187 113

Лист

24

Технические параметры

- Напряжение питания: 3.3 В ~ 5.5 В
- Потребляемый ток: 10 мА
- Цифрового выход: ТТЛ (лог 1 или лог 0)
- Аналогового выход: 0 В ... Vcc
- Диаметр монтажного отверстия: 2.5 мм
- Выходной ток: 15 мА
- Габариты: 42мм x 15мм x 8мм

2.1.2 Разработка структурной схемы и алгоритма работы

Структура системы

В данной системе освещения используется централизованное управление с центральным ядром Arduino Uno в виде контроллера. Он выполняет все логические и вычислительные функции. Принимает сигналы от датчиков освещённости и движения, и отдаёт команды на включение или выключение света на осветительные приборы.

В данной системе датчик движения регистрирует наличие движения в области видимости и передаёт данные на контроллер, после чего последний передаёт соответствующий управляющий сигнал на реле, размыкающие или замыкающие силовую цепь осветительных приборов.

Также в системе присутствует датчик освещённости. Он производит замеры светового потока, приходящегося на площадь фоточувствительного элемента, и передаёт данные на контроллер. Контроллер Arduino Uno по отлаженному алгоритму обрабатывает все поступившие сигналы, и так же отдаёт команды на управляющие реле в цепи осветительных приборов.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

27.03.04.2021.00187 ПЗ

Лист

25

На рисунке ниже представлен эскиз схемы, собранной в онлайн-симуляторе, позволяющем отладить работу программы на основе Arduino.

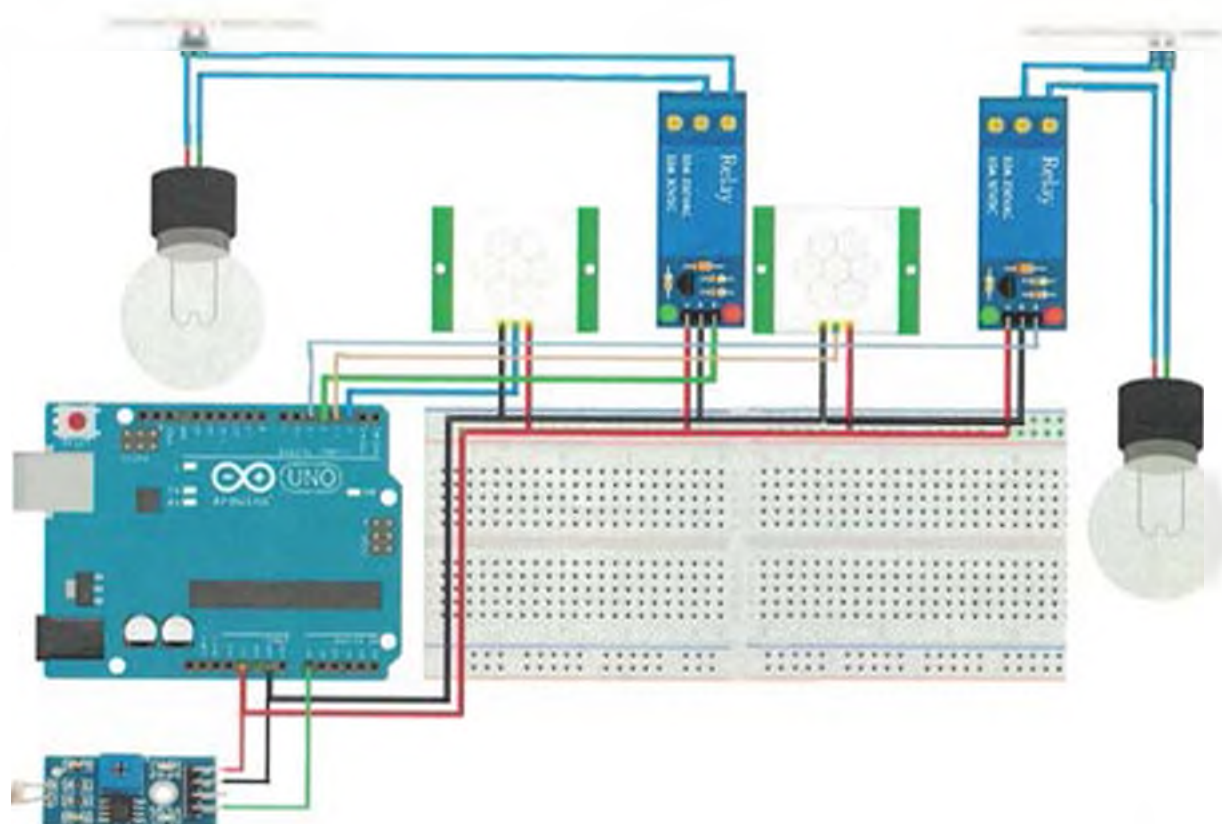


Рисунок 2.7 – Подключение системы управления

Плюсы такой модели в том, что она недорогая, простая в эксплуатации и обслуживании, а также невероятно проста в масштабировании.

Чтобы подключить ещё датчики, нужно просто продублировать подключение уже установленных.

Также программно-аппаратный комплекс Arduino может решать и другие задачи в сфере домашней автоматизации, что означает, что систему освещения можно с лёгкостью встроить в уже существующую систему умного дома, или же построить на её базе новую систему умного дома.

2.2 Технико-экономический расчет

Целью данного технико-экономического расчёта является вычисление стоимости электрической составляющей системы освещения умного дома и анализ масштабируемости системы.

Микроконтроллер Arduino Uno

Выбранный контроллер Arduino Uno (рисунок 2.8) удовлетворяет всем условиям системы и стоит 410 руб.

При этом он имеет 13 цифровых вводов/выводов и 6 аналоговых. В целях масштабируемости дальнейших проектов следует выбрать контроллер той же серии – Arduino Mega, имеющий в своём составе 56 цифровых и 16 аналоговых вводов/выводов.



Рисунок 2.8 – Микроконтроллер Arduino Uno

Датчик движения HC-SR501

Выбранный датчик, описанный в п. 3.1.3.1 (Рисунок 2.9) является наиболее дешевым и наиболее распространённым датчиком движения, совместимым с платформой Arduino.

Стоимость датчика – 80 руб.

Изм	Доп	Ил. доп. укл	Подпись	Дата



Рисунок 2.9 – Датчик движения HC-SR501

Датчик освещённости

Выбранный датчик освещённости, описанный в пункте 2.1.1 (рисунок 2.10), является не самым дешёвым, но самым распространённым Arduino-совместимым датчиком, который имеет уже готовые библиотеки для удобного и простого встраивания в программную среду Arduino IDE.

Стоимость датчика – 110 руб.



Рисунок 2.10 – Датчик освещённости LM393

Плата реле

Выбранная плата реле, описанная в п. 2.1.1 и показанная на рисунке 2.11, является самой дешёвой и самой популярной платой для Arduino-совместимых систем в среде DIY программирования. Также данное реле очень просто

программировать. На плате есть светодиоды для индикации работы и клеммная колодка для подключения.

Стоимость платы реле – 120 руб.



Рисунок 2.11 – Плата реле для Arduino

Расчет стоимости

Просуммировав стоимости всех электронных компонентов, входящих в систему, а также добавив туда стоимость проводки в 100 руб. и соединяющих элементов мы получаем стоимость разработанной системы в 820 рублей, что позволяет говорить о стоимостной доступности системы для простого пользователя.

Также про доступность может сказать и простота выбранной платформы для программирования и наличие мощного сообщества программистов, способных помочь разобраться в непонятных вопросах.

Помимо этого, стоит упомянуть тот факт, что для масштабируемости системы достаточно скопировать нужную часть программного кода и докупить несколько датчиков и исполнительных устройств в количестве по желанию.

Из пятого раздела можно сделать вывод о том, что один микроконтроллер Arduino UNO, как уже говорилось ранее, может справиться с тринадцатью цифровыми датчиками обратной связи или исполнительными устройствами, поскольку имеет 13 цифровых входов/выходов, и с шестью аналоговыми устройствами.

Для расширения же функционала необходимо приобрести плату Arduino Mega, либо же докупить ещё одну плату Arduino UNO, однако в этом случае программирование будет сложнее из-за вынужденных обстоятельств программирования двух плат и связи между ними.

Выводы по разделу.

Во втором разделе подобраны программные и аппаратные компоненты, выбраны элементы системы, произведён технико-экономический расчёт стоимости аппаратной части всей системы. Он показал, что система имеет более низкую стоимость по сравнению с аналогами.

3 ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

3.1 Алгоритм работы системы

Программно алгоритм работы начинается с определения в системе необходимых переменных и постоянных величин.

Следующими строками мы объявляем в системе два пир-датчика движения, реле и датчик освещения (аналоговый вход), а также объявляем переменные для хранения времени последнего движения на датчиках движения:

```
#define PIN_PIR_1 2 // пир-датчик 1
#define PIN_PIR_2 3 // пир-датчик 2
#define PIN_RELE_1 4 // реле 1
#define PIN_RELE_2 5 // реле 2
#define PIN_ANALOG A0 // датчик освещенности в пин A0
unsigned long time_last_dvig_1 = 0; // переменная для хранения времени
последнего движения на датчике 1
unsigned long time_last_dvig_2 = 0; // переменная для хранения времени
последнего движения на датчике 2
```

Определяем постоянные: порог освещённости, время работы освещения, значения для включения и выключения реле.

```
#define SVET_POROG 900 // порог освещенности, после которой начинает
работать система
#define TIME_OFF 3000 // время в мс работы освещения после окончания
движения
#define RELE_ON LOW // значение для включения реле
#define RELE_OFF HIGH // значение для выключения реле
```

Далее необходимо указать режимы работы выводов микроконтроллера, вход или выход, чтение или запись:

```
void setup() {
  Serial.begin(9600); // открытие последовательного порта
  pinMode(PIN_PIR_1, INPUT); // вход для пир-датчика 1
  pinMode(PIN_PIR_2, INPUT); // вход для пир-датчика 2
  pinMode(PIN_RELE_1, OUTPUT); // выход для 1 реле
  pinMode(PIN_RELE_2, OUTPUT); // выход для 2 реле
  digitalWrite(PIN_RELE_1, RELE_OFF); // чтение для переменной реле 1
  digitalWrite(PIN_RELE_2, RELE_OFF); // чтение для переменной реле 2
  // ниже указана задержка длиной в минуту для инициализации датчика
  // delay(60000); // задержку желательно включить во избежание сбоев
  системы, однако работает и без инициализации
}
```

Далее в программе начинается цикл, который безусловно работает на всём протяжении действия программы.

Замеряем освещённость

```
int svetVal = 1024 - analogRead(PIN_ANALOG);
```

Формируем формат вывода в виде таблицы:

```
Serial.print("Свет=");  
Serial.print(svetVal);  
Serial.print("; Датчик1=");  
Serial.print(digitalRead(PIN_PIR_1));  
Serial.print("; Датчик2=");  
Serial.println(digitalRead(PIN_PIR_2));
```

Далее проверяем условие по датчику освещённости. Если нормальная освещённость, то отключаем оба реле:

```
if (svetVal > SVET_POROG)  
{  
digitalWrite(PIN_RELE_1, RELE_OFF);  
digitalWrite(PIN_RELE_2, RELE_OFF);  
}
```

Если условие не выполняется, и освещённости не хватает, тогда снимаем показания времени срабатывания с обоих пир-датчиков при наличии сигналов с них:

```
else  
{  
if (digitalRead(PIN_PIR_1))time_last_dvig_1 = millis();  
if (digitalRead(PIN_PIR_2))time_last_dvig_2 = millis();
```

Далее проверяем времена срабатывания на обоих датчиках, и, если с момента последнего срабатывания прошло меньше 3-х секунд, включаем реле, если же больше, то отключаем реле. Так делаем и для второго датчика.

```
if (millis() - time_last_dvig_1 < TIME_OFF) digitalWrite(PIN_RELE_1,  
ELE_ON); else digitalWrite(PIN_RELE_1, RELE_OFF);  
if (millis() - time_last_dvig_2 < TIME_OFF) digitalWrite(PIN_RELE_2,  
RELE_ON); else digitalWrite(PIN_RELE_2, RELE_OFF);  
}
```

Далее функция loop возвращает нас к началу цикла, снова происходит замер освещённости.

Ниже представлена блок-схема алгоритма работы датчика (рисунок 3.1).

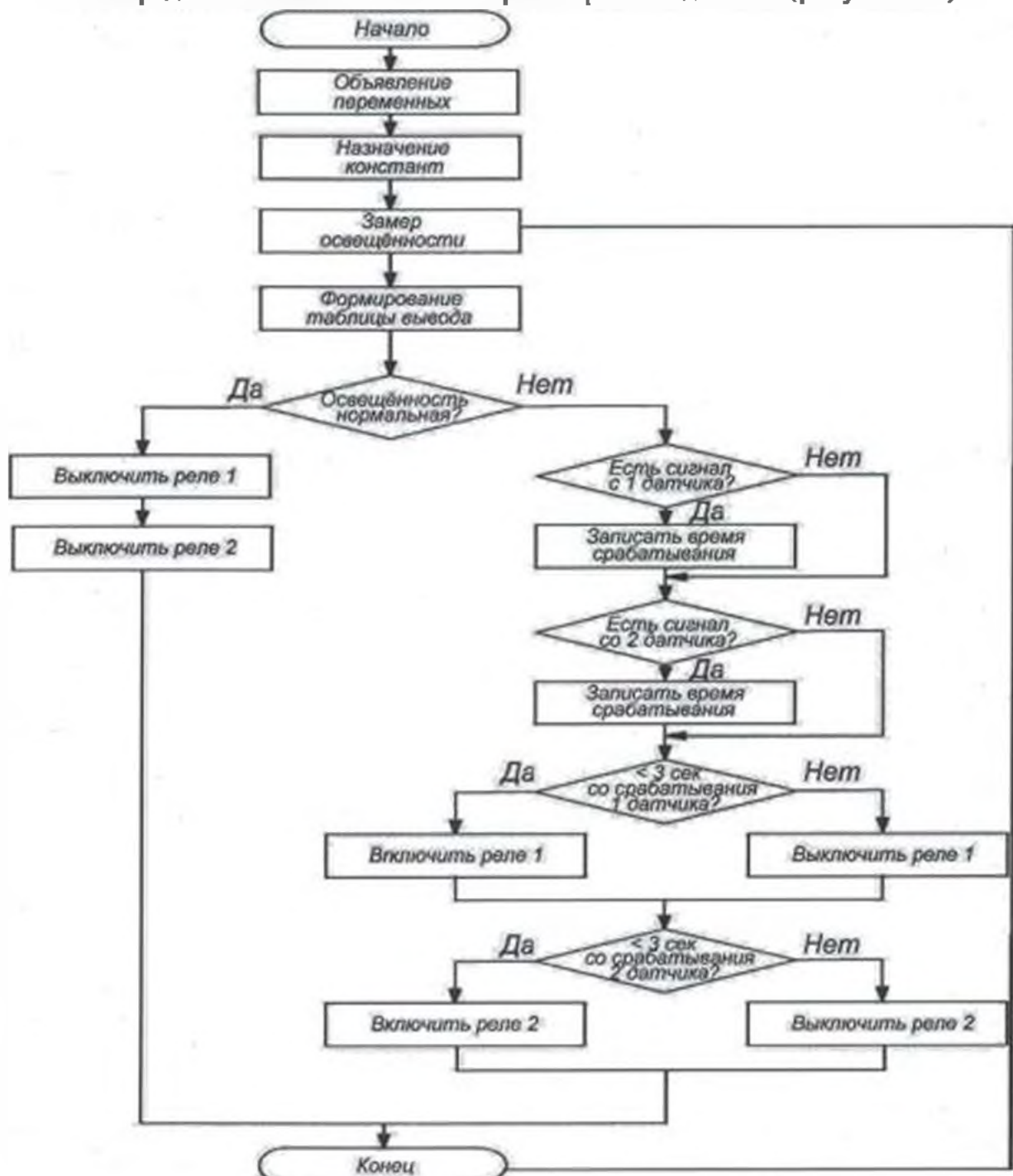


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритма работы

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.2 Экспериментальная часть

В ходе выполнения работы был собран макет квартиры в масштабе 1:12 (рисунок 3.2).

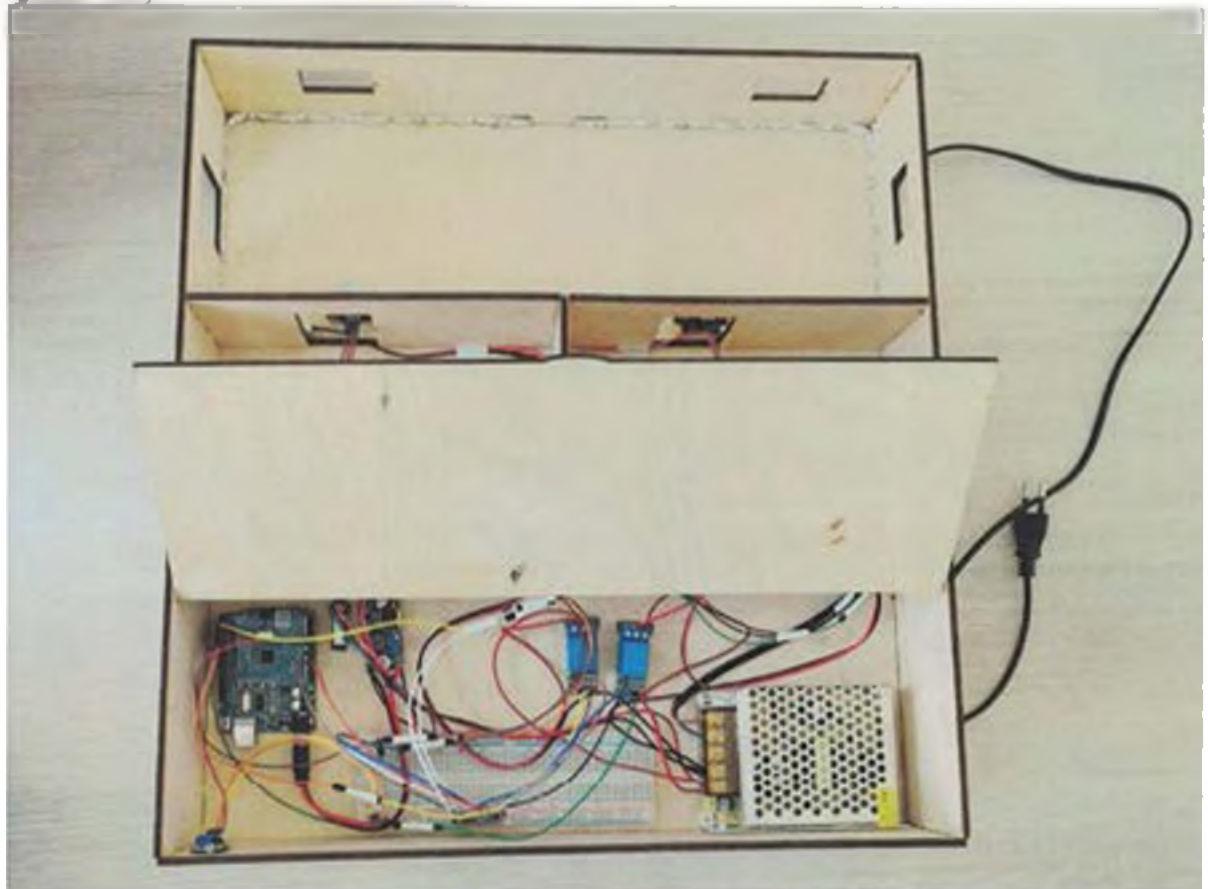


Рисунок 3.2 – Макет квартиры

Данный макет был оснащён системой освещения умного дома на базе МК Arduino, описанной выше, с целью экспериментального подтверждения расчётных данных.

Элементы управления, кроме датчиков, расположены в специальной комнате. Это сделано ввиду их относительного размера для этого макета.

Проверка работоспособности заключается в успешной отработке алгоритма программы.

Экспериментальным путем было выяснено, что аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) датчика освещения выдаёт числа в диапазоне от 0 до 1024. При этом число 0 означает очень яркий белый свет, а 1023 – полная темнота. Из этих соображений привычнее будет инвертировать значения.

При освещении под светом люстры датчик показывает усреднённое значение 991, при этом при освещённости, которая уже на субъективный взгляд автора кажется недостаточным и хочется включить ещё свет, датчик показывает значение 896.

Соответственно, в программе был задан порог освещённости в 900 условных единиц.

При закрытии крышки в помещении с системой управления датчик освещённости показывает значение 45 единиц, что означает, что даже в темноте датчик улавливает небольшое свечение.

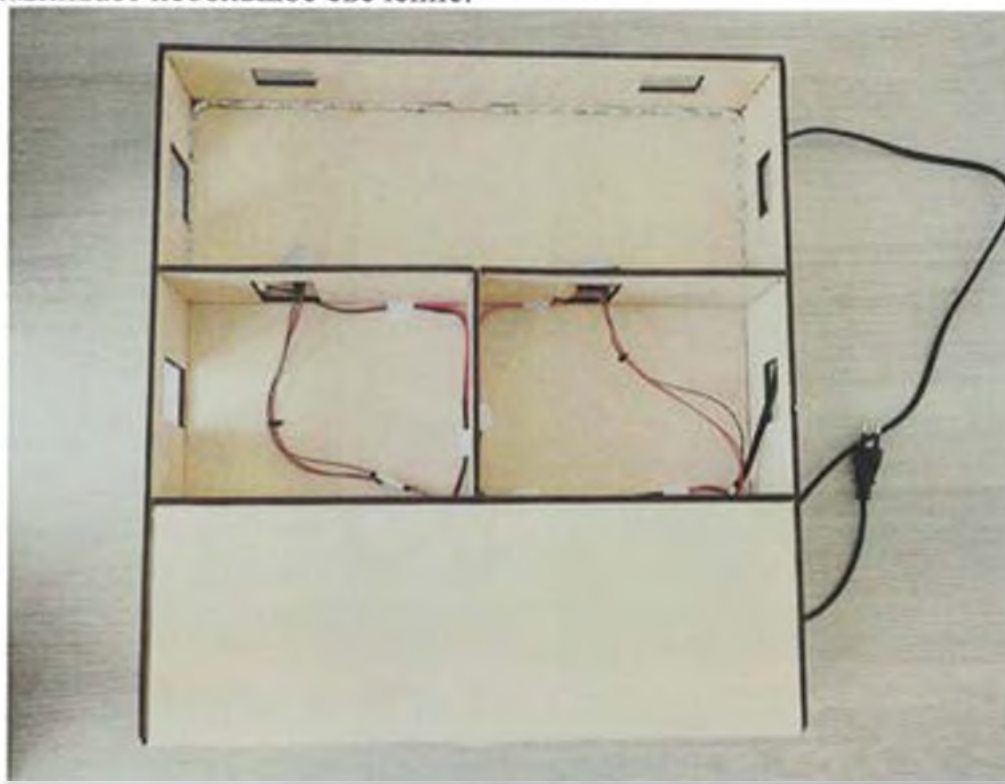


Рисунок 3.3 – Квартира с тьмой

При этом датчики движения отрабатывают заданный алгоритм без сбоев, т.е. при поднесении руки выдают логическую единицу, а при убирании – логический ноль. На рисунке ниже видно сформированную таблицу вывода в последовательный порт в реальном времени.



Рисунок 3.4 – Последовательный порт. Показания датчиков

В связи со всем вышесказанным можно заключить, что система в течение нескольких часов работала без перебоев, перегрева элементов или нарушений работы не было замечено. При имитации поведения человека внутри квартиры несложный алгоритм работы показал себя на ура, что добавляет оптимизма.

Также объём оставшейся свободной памяти микроконтроллера позволяет говорить о простой масштабируемости системы и увеличении её до полноценной в рамках реальной квартиры или дома.

Выводы по разделу.

В третьем разделе был разработан рациональный алгоритм работы системы освещения, показан разработанный макет «Умного дома», в виде квартиры, после чего компоненты были установлены и закреплены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом данной работы стало создание системы освещения «Умный дом», которая обладает базовым функционалом и возможностями к расширению.

В самой работе был произведен анализ элементной базы с учетом предлагаемого принципа работы, в нее вошли датчик освещённости, датчики движения, электромагнитное реле и осветительные приборы. Разработка велась на плате Arduino Uno. В качестве среды разработки для написания кода программы была выбрана Arduino IDE.

В работе показано, что рынок автоматизации настолько развился, что элементы домашней автоматизации можно встретить повсеместно в магазинах осветительных приборов и в интернете в свободной продаже, а предложений по установке таких систем бесчисленное множество.

На рынке существует множество различных фирм, предлагающих огромное количество различного оборудования. Однако, при всём разнообразии выбора все эти устройства достаточно дорогостоящие, а также их нельзя подключить между собой в каком угодно порядке. Цель работы же как раз «изобрести» легомасштабируемую и недорогую систему освещения.

Логичным выводом работы может послужить разработанный программный алгоритм системы освещения умного дома. Эта структура отвечает всем необходимым начальным условиям, которые предъявлялись к данной системе для обеспечения низкой стоимости, высокой надёжности и простой масштабируемости.

Эмпирические исследования на практике дали хороший результат и показали, что система имеет практическое применение и обладает хорошей работоспособностью, а также поддаётся гибкой настройке и калибровке. Показан разработанный макет в виде квартиры, после чего компоненты были установлены и закреплены.

Произведён технико-экономический расчёт стоимости аппаратной части всей системы. Он показал, что система имеет более низкую стоимость по сравнению с аналогами. Из этого следует вывод, что данная система относительно других систем, приведённых выше, является самой дешёвой и самой рациональной в соотношении цена/качество.

Данная работа позволяет познакомиться с самой системой и с некоторыми элементами умного дома.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Rusbase. [Электронный ресурс]: документация. – режим доступа: <https://rb.ru/opinion/umnyj-svet-ekonomen/>
- 2 Официальный сайт фирмы Arduino Software [Электронный ресурс] URL: <http://arduino.cc> (Дата обращения: 01.06.2021).
- 3 Барашко, О.Г. Проектирование систем домашней автоматизации: учеб. пособие. / О. Г. Барашко, А. В. Овсянников. – «Белорусский государственный технологический университет», 2006 – 57 с.
- 4 Баранов В. Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы, 2-е изд. испр. - М.: Издательский дом "ДодэкаXXI", 2014. – 288 с.
- 5 Богданов, С. В. Умный дом: монография / С. В. Богданов. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб. : Наука и Техника, 2015. – 208 с.
- 6 Е.А. Тесля. «Умный дом» своими руками. Строим интеллектуальную систему в своей квартире / Тесля Е.А. - Санкт Петербург, 2008.
- 7 Амперка/Вики [Электронный ресурс] URL: <http://wiki.amperka.ru/> (Дата обращения: 01.06.2021).
- 8 Arduino Uno: Основы программирования [Электронный ресурс] URL: <http://developer.alexanderklimov.ru/arduino/arduino-minimum.php> (Дата обращения: 01.06.2021).
- 9 Описание основных функций языка Arduino [Электронный ресурс] URL: <http://freeduino.ru/arduino/lang.html> (дата обращения: 01.06.2021)
- 10 История возникновения Умного дома. [Электронный ресурс]. URL: <http://dic.academic.ru> (Дата обращения: 02.06.2021).
- 11 Харке, В. Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникаций в жилищном строительстве: монография / В. Харке; пер. с нем. И. В. Рядченко. - М. : Техносфера, 2014 (Чебоксары). – 287 с
- 12 Марк, Э.С. Практические советы и решения по созданию "Умного дома" / НТ Пресс, 2007
- 13 Широтно-импульсная модуляция [Электронный ресурс] // Информационный ресурс «Амперка», 2015. – Режим доступа: <http://wiki.amperka.ru/конспект-arduino:шим> (Дата обращения: 02.06.2021).
- 14 Сколько стоит умный дом [Электронный ресурс] // Home Sapiens. – Режим доступа: <http://home-sapiens.ru/skolko-stoit-umnyiy-dom/> (Дата обращения: 03.06.2021).
- 15 Besmart . Управление Умным домом. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.besmart.su/upravlenie> (Дата обращения: 01.06.2021).
- 16 Steven Goodwin. Smart Home Automation with Linux. Learn how to control your home from your PC / Steven Goodwin. Apress. New York, 2015. 269 p.
- 17 Росляков, А.В. P75 Интернет вещей: учебное пособие [текст] / А.В. Росляков, С.В. Ваняшин, А.Ю. Гребешков. – Самара: ПГУТИ, 2015. – 200 с.
- 18 Компания SMART HOME [Электронный ресурс] - URL: <http://umnyidomspb.ru> (Дата обращения: 01.06.2021).

- 19 Palle Andersen, Tom S. Pedersen, Kirsten M. Nielsen. An Investigation of Energy Storage Possibilities in Single Family Houses for Smart Grid Purposes. IFAC Proceedings Volumes, 2014.
- 20 Tao Jin, Fuliang Chu, Cong Ling, Daniel Legrand Mon Nzongo. A Robust WLS Power System State Estimation Method Integrating a Wide-Area Measurement System and SCADA Technology. Energies, 2015.
- 21 Mike Riley «Programming Your Home Automate with Arduino, Android, and Your Computer» - « The Pragmatic Bookshelf Dallas, Texas • Raleigh, North Carolina », 2014. — 242 p.
- 22 Jonathan Oker and Hugh Blemings. Practical Arduino: Cool Projects for Open Source Hardware Copyright © 2009. [Электронный ресурс]. URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/0> (Дата обращения: 03.06.2021).
- 23 Марсес, Э.С. Практические советы и решения по созданию "Умного дома" / ИТ Пресс, 2012
- 24 Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) [Электронный ресурс] // Информационный ресурс «Амперка», 2015. – Режим доступа: <http://wiki.amperka.ru/конспект-arduino:шим> (Дата обращения: 01.06.2021).
- 25 Как сделать умный дом [Электронный ресурс] // Home Sapiens. – Режим доступа: <http://home-sapiens.ru/kak-sdelat-umnyiy-dom/> (Дата обращения: 02.06.2021).