

Проектирование и оценка эффективности системы управления освещением

И. В. Верещагин

Санкт-Петербургский горный
университет императрицы
Екатерины II

s242862@stud.spmi.ru

Д. В. Глухов

Санкт-Петербургский горный
университет императрицы
Екатерины II

dmitrygloukhov@yandex.ru

В. И. Козлова

Санкт-Петербургский
государственный
электротехнический
университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

tu1en41@yandex.ru

Аннотация. Цель данного проекта является разработка системы управления освещением в помещении с использованием датчиков движения на базе микроконтроллера Arduino. Датчики движения будут использоваться для автоматического включения и выключения света в помещении в зависимости от наличия людей в комнате. Это позволит значительно сэкономить электроэнергию, а также обеспечить комфортную обстановку для людей, находящихся в помещении. Для реализации данного проекта будут использованы современные технологии и оборудование. Платформа Arduino была выбрана как основа для системы управления освещением, так как это недорогое, но мощное и гибкое устройство, подходящее для различных задач автоматизации. Кроме того, проект будет создан с использованием открытого программного обеспечения и открытых стандартов, чтобы обеспечить доступность и удобство использования.

Ключевые слова: микроконтроллеры, идентификация, системный анализ, оценка эффективности

I. ВВЕДЕНИЕ

Системы управления освещением играют важнейшую роль в обеспечении эффективного использования энергии и создании комфортных условий в различных помещениях, включая жилые, коммерческие и промышленные. С развитием технологий растет интерес к разработке интеллектуальных систем управления освещением, которые могут автоматически регулировать уровень освещенности в зависимости от занятости людей и условий окружающей среды. Такие системы не только способствуют экономии энергии, но и повышают удобство пользователей и улучшают общую устойчивость. Несмотря на наличие различных коммерческих систем управления освещением, существует ряд ограничений и проблем, которые необходимо решить. К ним относятся высокая стоимость установки, сложные конфигурации, ограниченные возможности настройки, отсутствие гибкости для различных планировок помещений и предпочтений пользователей [1]. Кроме того, существующие системы часто основаны на сложной проводке и требуют профессиональной установки, что делает их менее доступными для индивидуальных пользователей или небольших приложений [2].

Основная проблема, рассматриваемая в данном отчете, заключается в необходимости создания экономически эффективной [2–5], удобной для пользователя системы управления освещением, которая может быть легко реализована в комнатных условиях с использованием датчиков движения и микроконтроллера Arduino. Система должна решать следующие задачи:

1. **Энергоэффективность:** Система управления освещением должна оптимизировать потребление энергии путем автоматического выключения или регулирования яркости света в незанятых зонах и регулировки уровня освещенности в зависимости от условий внешней освещенности. Это поможет снизить потери энергии. [6]
2. **Обнаружение присутствия:** Система должна быть способна надежно определять присутствие человека в помещении с помощью датчиков движения. Точное определение присутствия людей в помещении имеет решающее значение для обеспечения комфорта и удобства людей.
3. **Удобный интерфейс:** Система должна обеспечивать простой и интуитивно понятный пользовательский интерфейс для управления настройками освещения, позволяя пользователям легко настраивать такие параметры, как уровни чувствительности, временные задержки и настройки яркости. Это позволит осуществлять персонализированное управление освещением в соответствии с индивидуальными потребностями.
4. **Экономическая эффективность и доступность:** Предлагаемая система должна быть экономически эффективной, использовать легкодоступные компоненты и требовать минимальных усилий по установке. Она должна быть легко воспроизводимой и адаптируемой [5, 8, 9].
5. **Надежность и безопасность:** Система управления освещением должна работать надежно, с минимальным количеством ложных срабатываний или пропущенных срабатываний. Кроме того, она должна соответствовать стандартам безопасности, гарантируя, что регулировка освещения не нарушает

безопасность пользователей и не создает опасностей [10].

II. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА

При изучении предметной области были сформулированы основные требования к устройству и разработана структурная схема, представленная на рис. 1.

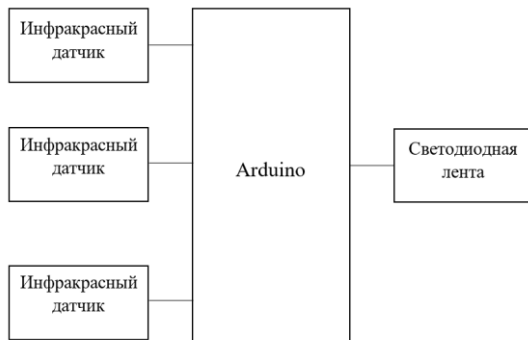


Рис. 1. Схема устройства

Подключить инфракрасный датчик к плате Arduino Nano. Для этого необходимо подключить пины GND и VCC датчика к соответствующим пинам на плате Arduino Nano, а также подключить сигнальный пин датчика к любому цифровому пину на Arduino Nano.

Для данного проекта было рассмотрено несколько вариантов плат Arduino. Сравнительная таблица плат приведена в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. ПЛАТЫ ARDUINO

	Arduino Uno	Arduino Mega2560	Arduino Leonardo	Arduino Due	Arduino ADK	Arduino Nano	Arduino Pro Mini	Arduino Espora
Microcontrolador	ATmega328	ATmega2560	ATmega32u4	AT91SAM3X8E	ATmega2560	ATmega168 (versão 2.x) ou ATmega328 (versão 3.x)	ATmega168	ATmega32u4
Portas digitais	14	54	20	54	54	14	14	-
Portas PWM	6	15	7	12	15	6	6	-
Portas analógicas	6	16	12	12	16	8	8	-
Memória	32 K (0,5 K usado pelo bootloader)	256 K (8 K usados pelo bootloader)	32 K (4 K usados pelo bootloader)	512 K disponível para aplicações	256 K (8 K usados pelo bootloader)	16 K (ATmega168) ou 32 K (ATmega328), 2 K usados pelo bootloader	16 K (2 K usados pelo bootloader)	32 K (4 K usados pelo bootloader)
Clock	16 Mhz	16 Mhz	16 Mhz	84 Mhz	16 Mhz	16 Mhz	8 Mhz (modelo 3.3v) ou 16 Mhz (modelo 5v)	16 Mhz
Conexão	USB	USB	Micro USB	Micro USB	USB	USB Mini-B	Serial / Módulo USB externo	Micro USB
Conector para alimentação externa	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
Tensão de operação	5v	5v	5v	3.3v	5v	5v	3.3v ou 5v, dependendo do modelo	5v
Corrente máxima portas E/S	40 mA	40 mA	40 mA	130 mA	40 mA	40 mA	40 mA	-
Alimentação	7 - 12 Vdc	7 - 12 Vdc	7 - 12 Vdc	7 - 12 Vdc	7 - 12 Vdc	7 - 12 Vdc	3.35 - 12 V (modelo 3.3v), ou 5 - 12 V (modelo 5v)	5v

Устройство должно быть компактное, то для реализации подойдет плата из вышеуказанной таблицы – Arduino Nano.

У Arduino Nano компактные размеры, поэтому предпочтение было отдано именно этой плате.

Одно из составляющих устройств это “Инфракрасный датчик”, который необходим для получения сигнала, при изменении в помещении.

Датчики инфракрасного (ИК) света — это устройства, разработанные для обнаружения и измерения инфракрасного излучения в окружающей среде. Они

широко применяются в различных областях, включая автоматизацию, безопасность, коммуникации и медицинскую диагностику. Вот некоторые основные характеристики и свойства датчиков инфракрасного света:

Датчики ИК могут работать в различных диапазонах инфракрасного спектра, включая ближний ИК (NIR), средний ИК (MIR) и дальний ИК (FIR). Каждый диапазон имеет свои специфические применения и характеристики.

Чувствительность: Датчики ИК обладают высокой чувствительностью к инфракрасному излучению. Они способны обнаруживать даже слабые изменения теплового излучения или вариации интенсивности света в ИК-диапазоне.

Датчики ИК могут иметь различные дальности обнаружения, которые зависят от конкретной модели и применения. Они могут обнаруживать объекты на небольших расстояниях до нескольких метров или даже более. Датчики ИК обладают высокой скоростью реакции и мгновенно реагируют на изменения в инфракрасном излучении. Это позволяет использовать их в системах, требующих быстрого обнаружения и реакции, например, в системах безопасности и автоматическом управлении.

Использование в условиях низкой освещенности: Датчики ИК работают независимо от уровня освещенности в окружающей среде. Они не зависят от видимого света для работы, поэтому могут использоваться в условиях низкой освещенности или даже в полной темноте.

Устойчивость к помехам: Датчики ИК обладают хорошей устойчивостью к внешним помехам, таким как шумы или интерференция от других источников света. Это позволяет им эффективно работать в различных условиях окружающей среды.

Бесконтактное обнаружение: Датчики ИК позволяют бесконтактно обнаруживать объекты и измерять их параметры без физического воздействия. Это полезно, например, при измерении температуры объектов или обнаружении движения без необходимости прямого контакта с ними [6, 11, 12].

Простота интеграции: Датчики ИК обычно компактны, легкие и легко интегрируются в различные системы и устройства. Они могут быть подключены к микроконтроллерам, компьютерам или другим электронным устройствам для обработки данных и принятия решений [13].

Разнообразие применений: Датчики ИК находят применение во множестве областей, включая автоматическое освещение, системы безопасности, тепловизионные камеры, пульты дистанционного управления, медицинскую диагностику, датчики движения и т. д. [8].

Arduino Nano – это микроконтроллерная плата, которая является одной из моделей в серии Arduino. Arduino – это открытая платформа для создания электронных проектов и прототипирования. Arduino Nano представляет собой компактную версию Arduino, спроектированную для использования в небольших проектах, где требуется маленький размер и низкое энергопотребление.

Arduino Nano основан на микроконтроллере Atmel AVR и обладает такими же основными возможностями, как и другие платы Arduino. Он имеет встроенные цифровые и аналоговые входы и выходы, различные пины для подключения датчиков и актуаторов, интерфейсы для коммуникации с другими устройствами (например, USB, UART, I2C и SPI), а также возможность программирования через USB-интерфейс.

Arduino Nano может быть использован в широком спектре проектов, от управления светодиодами и дисплеями до создания роботов, автоматических систем и прочих электронных устройств. Благодаря своим компактным размерам Arduino Nano удобен для использования в мобильных устройствах, дронах, носимых гаджетах и других проектах, где ограничены место и энергопотребление [14–16].

Arduino Nano – это компактная платформа для разработки и программирования микроконтроллеров, которая является одной из самых популярных в линейке Arduino. Вот некоторые основные характеристики, свойства, преимущества и недостатки Arduino Nano [17–19]:

1. Компактный размер: Arduino Nano имеет очень компактный размер, что делает его идеальным для проектов с ограниченным пространством. Он легко помещается на макетной плате или в маленьких устройствах.
2. Микроконтроллер ATmega328: Arduino Nano оснащен микроконтроллером ATmega328, который обладает достаточной вычислительной мощностью для множества проектов. Он имеет 32 килобайта флэш-памяти для программного кода и 2 килобайта оперативной памяти (RAM) для хранения данных.
3. Цифровые и аналоговые входы/выходы: Arduino Nano имеет цифровые и аналоговые входы/выходы, что позволяет подключать различные датчики, актуаторы и другие устройства для считывания информации или управления внешними компонентами.
4. Интерфейсы связи: Arduino Nano поддерживает различные интерфейсы связи, включая UART (Serial), I2C и SPI. Это позволяет легко взаимодействовать с другими устройствами, такими как дисплеи, сенсоры, модули связи и другие.
5. Питание: Arduino Nano может быть подпитан напряжением от 7 до 12 вольт через разъем питания или 5 вольт через порт USB. Он также имеет встроенный регулятор напряжения,

который обеспечивает стабильное питание для подключенных устройств.

Удобство в использовании:

Простота программирования: Arduino Nano использует среду разработки Arduino IDE, которая предлагает простой и понятный язык программирования на основе C/C++. Это делает платформу доступной для начинающих и опытных разработчиков.

Богатая библиотека: Arduino Nano имеет обширную библиотеку, которая включает готовые функции и модули для упрощения разработки. Это позволяет быстро создавать проекты без необходимости писать код с нуля. Arduino Nano совместим с большим количеством расширительных модулей, известных как "щиты" (shields). Эти щиты предоставляют дополнительные функции, такие как поддержка Ethernet, беспроводная связь, управление моторами и другое.

Преимущества Arduino Nano:

Компактный размер позволяет использовать его в ограниченных пространствах и маленьких устройствах.

Простота в использовании и программировании делает Arduino Nano доступным для начинающих.

Богатая библиотека и поддержка "щитов" расширяют функциональность и возможности платформы [20, 21]:

Arduino Nano обладает достаточной вычислительной мощностью для большинства проектов.

Недостатки Arduino Nano:

Ограниченные аппаратные ресурсы, такие как память и количество входов/выходов, могут быть недостаточными для некоторых сложных проектов [22, 23].

Отсутствие встроенного подключения Wi-Fi или Bluetooth, что требует использования дополнительных модулей для беспроводной связи.

Некоторые пользователи могут считать программирование на языке C/C++ сложным для освоения.

В целом, Arduino Nano является мощной и удобной в использовании платформой для разработки микроконтроллерных проектов, особенно в случае, когда требуется компактный размер и простота в программировании. Однако, для более сложных проектов, требующих большего объема памяти или расширенных возможностей, возможно, будет лучше рассмотреть более мощные модели платформы Arduino.

Светодиодная лента (LED-лента) – это гибкий полосчатый узел, состоящий из светодиодов, которые могут светиться различными цветами. С использованием платформы Arduino, светодиодные ленты могут быть легко управляемыми и запрограммированными, открывая широкий спектр возможностей для создания интересных и креативных световых эффектов. Вот некоторые способы использования светодиодной ленты на платформе Arduino и ее преимущества:

Декоративное освещение: Светодиодные ленты на Arduino могут быть использованы для создания красивого и атмосферного декоративного освещения в различных местах, таких как домашние интерьеры, выставочные стенды или театральные сцены. Через программирование можно управлять цветами, яркостью, режимами и плавно изменять световые эффекты.

Амбиентное освещение: Светодиодные ленты могут использоваться для создания амбиентного освещения, которое помогает создать определенную атмосферу в помещении. Например, можно настроить ленту на прохождение чередующихся цветов, чтобы создать успокаивающую атмосферу для релаксации или использовать яркие цвета для энергичной атмосферы на вечеринках.

Интерактивные проекты: Светодиодные ленты на Arduino могут быть включены в интерактивные проекты, которые реагируют на различные внешние события или действия. Например, можно настроить ленту на мигание или изменение цвета при звуке, движении или прикосновении.

Управление с помощью датчиков: Светодиодные ленты могут быть интегрированы с датчиками, такими как датчики движения, звука или температуры. Это позволяет создавать интересные световые эффекты, которые зависят от внешних условий или взаимодействия с окружающей средой.

С использованием платформы Arduino можно программировать различные световые эффекты на светодиодной ленте. Например, можно создать бегущую точку, плавное затухание, пульсацию, радужные эффекты и многое другое. Это дает возможность настроить ленту под конкретные потребности и создать уникальные световые шоу.

Преимущества использования светодиодной ленты на платформе Arduino:

Гибкость и простота установки: Светодиодные ленты легко гнутся и могут быть прикреплены к различным поверхностям с помощью самоклеящейся основы. Это делает их гибкими для установки в разных местах.

Энергоэффективность: Светодиодные ленты потребляют меньше энергии по сравнению с традиционными источниками света. Они являются энергоэффективными и долговечными, что позволяет экономить электричество и снижать затраты на замену ламп.

Управление и программируемость: С использованием платформы Arduino можно легко управлять и программировать светодиодные ленты, открывая широкий спектр возможностей для создания различных световых эффектов и анимации.

Множество цветов и режимов: Светодиодные ленты обычно поддерживают множество цветов и режимов работы, что позволяет создавать разнообразные световые эффекты и настроить их под конкретные потребности проекта.

Доступность и стоимость: Светодиодные ленты на платформе Arduino доступны в различных длинах и

типах, и их стоимость достаточно доступна. Это делает их популярным выбором для создания световых проектов как для начинающих, так и для опытных электронщиков и хобби-разработчиков.

Выбор среды программирования

Arduino поддерживает несколько языков программирования такие как C/C++, Ardublock, Snap, Python, Go и Java. Для написания кода был выбран язык программирования C++

C++ является высокоуровневым языком программирования, который расширяет возможности языка C. Он является одним из наиболее широко используемых языков программирования и широко применяется для разработки различных типов программ, включая системное программное обеспечение, веб-приложения, игры, мобильные приложения, научные и инженерные приложения и другие.

Основные особенности C++

Объектно-ориентированное программирование (ООП): C++ поддерживает основные концепции ООП, такие как классы, объекты, наследование, полиморфизм и инкапсуляцию. ООП позволяет организовывать код в модули, обеспечивает повторное использование и более легкое понимание и поддержку кода.

Общая парадигма программирования: C++ также поддерживает процедурное программирование, что позволяет разрабатывать программы, основанные на последовательности исполняемых инструкций.

Эффективность и производительность: C++ позволяет близко работать с аппаратным обеспечением и низкоуровневыми ресурсами, такими как память и процессор, что делает его эффективным для разработки высокопроизводительных приложений.

Расширяемость: C++ обладает мощными возможностями для создания и использования библиотек и фреймворков. Это позволяет разработчикам использовать готовые решения и расширять функциональность языка.

Переносимость: Код на C++ может быть скомпилирован и выполняться на различных платформах и операционных системах.

C++ является одним из самых популярных языков программирования благодаря своей гибкости, производительности и широкому спектру применений. Он используется во множестве областей, включая разработку программного обеспечения, игровую индустрию, финансовые системы, научные исследования и другие.

Для разработки программы и последующей компиляции кода устройства была выбрана среда разработки "Arduino IDE".

Arduino IDE – это интегрированная среда разработки для программирования платформы Arduino. Она предоставляет удобный интерфейс для создания, загрузки и отладки программного кода на платформе Arduino.

Основные особенности Arduino IDE:

1. Компиляция и загрузка: Arduino IDE включает в себя компилятор, который преобразует исходный код на языке Arduino в машинный код, понятный для микроконтроллера Arduino. После компиляции код может быть загружен на плату Arduino через последовательный порт или другой доступный интерфейс.
2. Среда разработки: Arduino IDE предоставляет текстовый редактор, в котором можно писать программный код. Редактор обеспечивает подсветку синтаксиса, автодополнение и другие функции, упрощающие процесс написания кода.
3. Библиотеки: Arduino IDE предлагает библиотеки, которые содержат готовый код для различных устройств и модулей, таких как датчики, актуаторы, коммуникационные интерфейсы и другие. Библиотеки упрощают работу с устройствами, позволяя использовать готовые функции и классы.
4. Монитор порта: Arduino IDE предоставляет монитор порта, который позволяет отслеживать вывод данных и взаимодействовать с платой Arduino через последовательный порт. Это полезно для отладки и проверки работы программы.
5. Поддержка различных платформ: Arduino IDE поддерживает различные модели плат Arduino, такие как Arduino Uno, Arduino Nano, Arduino Mega и другие. Она также может быть расширена для поддержки других платформ, добавлением соответствующих пакетов и драйверов.

Arduino IDE является доступной и простой в использовании средой разработки, которая позволяет начинающим и опытным разработчикам создавать программы для платформ Arduino. Она позволяет сосредоточиться на разработке функциональности и взаимодействии с аппаратными компонентами, облегчая процесс разработки электронных проектов.

Разработка устройства

Для корпуса был использован блок питания (пустой) для экономии средств и простой установки конструкции (рис. 2).



Рис. 2. Корпус для установки

Так же рассматривался вариант печати на 3D принтере, печати корпуса, и моделирования модели в программе КОМПАС-3D. В состав моделирования входили все комплектующие и их точный размер (рис. 3).

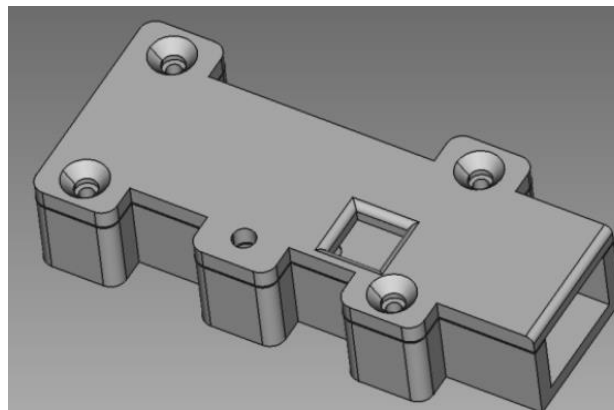


Рис. 3. Модель корпуса устройства

КОМПАС-3D – это программное обеспечение для трехмерного проектирования (САПР), разработанное компанией ASCON. Оно предназначено для создания трехмерных моделей и выполнения проектирования в различных областях, таких как машиностроение, автомобилестроение, электроника, архитектура и другие.

КОМПАС-3D – это программное обеспечение для трехмерного компьютерного моделирования и проектирования, созданное компанией ASCON. Оно предоставляет широкий набор функциональных возможностей и инструментов, которые помогают в создании трехмерных моделей изделий различной сложности. Ниже приведены более подробные характеристики и свойства КОМПАС-3D:

Интуитивный интерфейс: КОМПАС-3D обладает простым и интуитивно понятным интерфейсом, что облегчает работу с программой и ускоряет процесс моделирования. Он имеет понятное меню, панели инструментов и контекстные подсказки, которые помогают пользователям быстро освоить программу.

Параметрическое моделирование: Одним из основных преимуществ КОМПАС-3D является поддержка параметрического моделирования. Это позволяет создавать модели, основанные на параметрах, таких как размеры, формы и свойства материалов. При изменении параметров модели автоматически перестраивается, что значительно упрощает процесс изменения дизайна и адаптации моделей к требованиям.

Разнообразие инструментов моделирования: КОМПАС-3D предлагает широкий спектр инструментов для создания трехмерных моделей. Это включает в себя инструменты для построения геометрических фигур, создания поверхностей, моделирования сложных форм, создания сборочных моделей и многое другое. Пользователи могут легко создавать и модифицировать объекты с помощью этих инструментов.

Проверка на совместимость и анализ моделей: КОМПАС-3D обладает функциями проверки на совместимость и анализа моделей. Это позволяет выявлять возможные конфликты или ошибки в конструкции, а также проводить анализ прочности и стабильности моделей. Это важные инструменты, помогающие обеспечить качество и надежность создаваемых изделий.

Гибкость и расширяемость: КОМПАС-3D предлагает возможности для расширения и интеграции с другими системами. Пользователи могут добавлять дополнительные модули и функции, чтобы расширить возможности программы и адаптировать ее под свои потребности. Также возможна интеграция с другими программами и форматами файлов.

Подготовка к 3D-печати: КОМПАС-3D обладает возможностями для подготовки трехмерных моделей к 3D-печати на принтере. Он позволяет экспортировать модели в форматы, поддерживаемые 3D-принтерами, такие как STL или OBJ. Это позволяет пользователям создавать высококачественные и точные модели, готовые для печати.

КОМПАС-3D представляет собой мощный инструмент для трехмерного моделирования и проектирования, который обеспечивает широкий набор функций и возможностей. Его интуитивный интерфейс, поддержка параметрического моделирования, разнообразие инструментов, анализ моделей и возможность подготовки к 3D-печати делают его полезным инструментом для различных профессионалов и отраслей. Все было подключено и припаяно к плате, все было установлено в корпус и подключено, так же был блок питания от розетки 220В. Решение об использовании платы, из-за ее дешевизны и простоты.

В итоге плата, блок питания, Arduino mini, были подключены в корпусе, светодиодная лента и датчики инфракрасного света решено было вывести наружу (рис. 4). Благодаря подключению блока питания можно в любом месте подключить эту конструкцию, и получать свет во время движения в помещении.



Рис. 4. Плата



Рис. 5. Содержимое корпуса

Разработка программного обеспечения

Прежде чем приступить к написанию программы, необходимо представлять, какие функции будет выполнять микроконтроллер. В программном коде сначала описывается библиотека, без которой программа работать не будет. Далее описываются необходимые подпрограммы для программы и основной код. В проекте была использована среда Arduino IDE для создания прошивки и ее последующей загрузки в микроконтроллер.

Разработка программного обеспечения для системы управления освещением в помещении с использованием датчиков движения на базе микроконтроллера Arduino включает несколько основных шагов. Вот общий план разработки такого ПО:

Настройка аппаратной части:

Подключите датчики движения к микроконтроллеру Arduino в соответствии с их спецификациями.

Подключите осветительные устройства (например, светодиодные ленты или лампы) к микроконтроллеру Arduino для управления освещением.

Напишите код для Arduino:

Импортируйте необходимые библиотеки для работы с датчиками движения и управления освещением.

Инициализируйте датчики движения и настройте их параметры.

Настройте порты микроконтроллера Arduino для подключения осветительных устройств.

Напишите код для обнаружения движения с помощью датчиков и соответствующего управления освещением.

Определите логику работы системы управления освещением, например, включение освещения при обнаружении движения и его автоматическое выключение через определенное время без движения [16-17].

Тестирование и отладка:

Загрузите код на микроконтроллер Arduino.

Протестируйте систему, проверьте, что датчики правильно обнаруживают движение и освещение включается и выключается соответствующим образом.

Исправьте возможные ошибки или проблемы, если они возникают.

Интеграция с дополнительными функциями (по желанию):

Добавьте возможности дополнительной автоматизации, например, управление освещением на основе времени суток или даты.

Расширьте функциональность системы управления освещением, интегрируя ее с другими устройствами или системами (например, с домашней автоматизацией или умным домом).

Документация:

Создайте документацию, описывающую функциональность и настройки программного обеспечения.

Подготовьте инструкции по установке и настройке системы.

Помните, что разработка программного обеспечения для системы управления освещением с использованием Arduino является комплексным процессом, требующим знаний программирования и электроники. Важно также учитывать требования и ограничения конкретной системы освещения в помещении и соответствующих норм и стандартов безопасности [7-8].

Таким образом, программный код (прошивка) позволяет микроконтроллеру решать необходимые задачи и управлять устройством.

Ниже будет представлен код с описанием

Подключение библиотеки:

```
#include <IRremote.h> //подключение библиотеки
```

Это строка кода отвечает за подключение библиотеки IRremote, которая используется для работы с ИК-приемником.

Объявление переменных и установка контактов:

```
const int led0 = 6; // контакты выходов на светодиод
const int led1 = 9; // контакты выходов на светодиод
const int led2 = 10; // контакты выходов на светодиод
const int led3 = 11; // контакты выходов на светодиод
const int ird = 2; // контакты входа с ИК-приемника
const int pir0 = 3; // контакты входов с датчика движения
const int pir1 = 4; // контакты входов с датчика движения
const int pir2 = 5; // контакты входов с датчика движения
```

В этой части кода объявляются переменные для контактов светодиодов, ИК-приемника и датчиков движения.

Объявление переменных и временных интервалов:

```
uint32_t ms_led = 0; //для определения времени
boolean flag_time_miganie = 0; // для условия по началу эмуляции присутствия
boolean flag_led0 = 0; // горит/не горит
boolean flag_led1 = 0; // горит/не горит
boolean flag_led2 = 0; // горит/не горит
boolean flag_led3 = 0; // горит/не горит
long time_miganie = 120000; // время начала эмуляции присутствия (вкл/выкл свет) каждые 120 секунд
long time_on_led0 = time_miganie; // включаем led0 через 0 секунд после начала эмуляции
```

```
long time_off_led0 = time_on_led0+8000; // выключаем led0 через 8 секунд после включения
```

Здесь объявляются переменные для управления временными интервалами и флагами состояния светодиодов и эмуляции присутствия.

Настройка входов/выходов и инициализация ИК-приемника:

```
void setup() {
  pinMode(ird, INPUT); // объявляю входы
  pinMode(pir0, INPUT); // объявляю входы
  pinMode(pir1, INPUT); // объявляю входы
  pinMode(pir2, INPUT); // объявляю входы
  pinMode(led0, OUTPUT); // объявляю выходы
  pinMode(led1, OUTPUT); // объявляю выходы
  pinMode(led2, OUTPUT); // объявляю выходы
  pinMode(led3, OUTPUT); // объявляю выходы
  IrReceiver.begin(2); // ИК-приемник подключен к 2 входу
  //Serial.begin(9600);
}
```

В функции setup() происходит настройка входов и выходов, а также инициализация ИК-приемника на входе 2.

Сборка и тестирование устройства

В ходе тестирования, никаких проблем не случилось и устройство полностью заработало, готовый вариант устройства представлен на рис. 6.



Рис. 6. Готовая схема

Устройство было опробовано в домашних условиях. Включите питание Arduino и наблюдайте работу системы. При обнаружении движения датчиками, светодиодные ленты должны включаться, а при отсутствии движения – выключаться в соответствии с заданными временными интервалами.

Протестировав систему, перемещаясь по помещению перемещаясь по помещению и наблюдая реакцию датчиков движения. Убедился, что светодиодные ленты правильно включаются и выключаются в зависимости от движения. На рис. 7 и рис. 8 будет представлена работоспособность устройства.



Рис. 7. Работоспособность устройства без движения



Рис. 8. Работоспособность устройства при движении

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном проекте была разработана и реализована система управления освещением в помещении с использованием датчиков движения на базе микроконтроллера Arduino. Целью проекта было создание эффективной и автоматизированной системы, которая обеспечивает оптимальное освещение в помещении при обнаружении движения.

В ходе работы были проанализированы основные принципы работы датчиков движения и выбран подходящий для проекта датчик, совместимый с микроконтроллером Arduino. Был разработан алгоритм управления, который основывается на обнаружении движения с помощью датчиков и соответствующем реагировании системы освещения.

Результаты экспериментов и тестирования показали, что разработанная система успешно определяет движение в помещении и активирует или деактивирует освещение в зависимости от присутствия людей. Это приводит к оптимизации энергопотребления и повышению комфорта пользователей, так как освещение автоматически включается только при необходимости.

Преимущества данной системы управления освещением включают гибкость настройки, возможность

расширения функционала и автоматическую реакцию на присутствие людей. Она также способствует сокращению потребления энергии и снижению затрат на освещение в помещении.

В заключение можно сказать, что разработанная система управления освещением на базе микроконтроллера Arduino является эффективным решением для обеспечения оптимального освещения в помещении. Она сочетает в себе простоту использования, экономичность и автоматизацию, что делает ее привлекательным вариантом для различных объектов, включая дома, офисы и общественные здания.

Дальнейшее развитие данного проекта может включать расширение функционала системы, добавление дополнительных датчиков или интеграцию с другими системами умного дома. Это позволит еще больше повысить эффективность и удобство использования системы управления освещением.

В итоге, данная система является значимым вкладом в область автоматизации освещения и может быть успешно применена в реальных условиях для создания комфортного и энергоэффективного освещения в помещениях.

REFERENCES

- [1] Schipachev A., Fetisov V., Nazyrov A., Donghee L., Khamrakulov A. Study of the Pipeline in Emergency Operation and Assessing the Magnitude of the Gas Leak. *Energies* 2022, 15(14), 5294. DOI: 10.3390/en15145294
- [2] Nechitailo A.R., Marinina O.A. Analysis of technological directions of electrification of hydrocarbon production facilities in poorly developed territories. *The North and the Market: Forming the Economic Order*, 2022, no. 2, pp. 45–57. doi:10.37614/2220-802X.2.2022.76.004
- [3] Golovina E.I., Tsalmeg B. Cost estimate as a tool for managing fresh groundwater resources in the Russian Federation. *Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2023, № 4, 81–91. doi: 10.20403/2078-0575-2023-4a-81-91
- [4] Afanaseva O.V., Putilo S.Y., Chirtsov V.V., Demidov A.A. simulation of the work of structural units of industrial enterprises using the theory of queuing systems. *Academic Journal of Manufacturing Engineering*, 2024, 22(1), 115–126. https://www.ajme.ro/PDF_AJME_2024_1/L13.pdf
- [5] Ereemeeva A.M., Ilyushin Y.V. Automation of the control system for drying grain crops of the technological process for obtaining biodiesel fuels. *Scientific Reports*. 13, 14956 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598023419620>
- [6] Kotov D.D., Pervukhin D.A., Davardoost H., Afanasyeva O.V. Prospects for the Use of Autonomous Underwater Vehicles (AUV) to Solve the Problems of the Mineral Resources Complex (MRC) of the Russian Federation. *Journal of Maritime Research*, 2024, 21(1), 309–317
- [7] Ereemeeva A.M., Ilyushin Y.V. Automation of the control system for drying grain crops of the technological process for obtaining biodiesel fuels. *Scientific Reports*. 13, 14956 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598023419620>
- [8] Ilyushin Y.V., Nosova V.A. Methodology to Increase the Efficiency of the Mineral Water Extraction Process. *Water* 2024, 16, 1329. <https://doi.org/10.3390/w16101329>
- [9] Sleptsov A., Medvedeva L., Marinina O., Savenok O. Feasibility Study on the Applicability of Intelligent Well Completion. *Processes* 2024, 12, 1565. <https://doi.org/10.3390/pr12081565>
- [10] Polekhina V.S., Shestopalov M.Y., Ilyushin Y.Y. Identification of Magnetic Field Strength Realisation as a Necessary Solution for High-Quality Metal Synthesis (2022) *Proceedings of the 2022 Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus* 2022, pp. 831-833. <https://doi.org/10.1109/ElConRus54750.2022.9755649>

- [11] A.V. Martirosyan, K.V. Martirosyan and A.B. Chernyshev, "Calculation of the First Switch-on Time of Distributed Object's Control Action," 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), St. Petersburg and Moscow, Russia, 2020, pp. 750-754, doi: 10.1109/EIConRus49466.2020.9039348.
- [12] A.V. Martirosyan, K.V. Martirosyan, E.K. Grudyaeva and A.B. Chernyshev, "Calculation of the Temperature Maximum Value Access Time at the Observation Point," 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), St. Petersburg, Moscow, Russia, 2021, pp. 1014-1018, doi: 10.1109/EIConRus51938.2021.9396287.
- [13] M.-A. M. Asadulagi, M. S. Fedorov and V. E. Trushnikov, "Control Methods of Mineral Water Wells," 2023 V International Conference on Control in Technical Systems (CTS), Saint Petersburg, Russian Federation, 2023, pp. 152-155, doi: 10.1109/CTS59431.2023.10288866
- [14] Pershin I.M., Kukharova T.V., Tsapleva V.V. Designing of distributed systems of hydrolithosphere processes parameters control for the efficient extraction of hydromineral raw materials. Journal of Physics: Conference Series, 2021, 1728(1), 012017. DOI 10.1088/1742-6596/1728/1/012017.
- [15] Andreeva E.S., Marinina O.A., Turovskaya L.G. Nanofluid flooding as a method of enhancing oil recovery: mechanism, advantages. Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering, 2024, 335(6), p. 189–202 DOI:10.18799/24131830/2024/6/4408
- [16] Afanaseva O.V., Bezyukov O.K., Ignatenko A.A. method for assessing the relationship between the characteristics of vibroactivity and the design parameters of a marine diesel. Academic Journal of Manufacturing Engineering, 2024, 22(1), 68–75.
- [17] Ilyushin Y.V. and Nosova V.A. (2025). Development of Mathematical Model for Forecasting the Production Rate. International Journal of Engineering, 38(8), 1749-1757. <https://doi.org/10.5829/ije.2025.38.08b.02>
- [18] Sidorenko A.A., Dmitriev P.N., Alekseev V.Y., Sidorenko S.A. Improvement of technological schemes of mining of coal seams prone to spontaneous combustion and rock bumps // Journal of Mining Institute. 2023. Vol. 264. p. 949-961. <https://doi.org/10.31897/PMI.2023.37>
- [19] Fetisov V.G., Nikolaev A., Lykov Y.V., Duchnevich L. (2018). Mathematical modeling of non-stationary gas flow in gas pipeline. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 327. 327 (2), pp.1-6. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/327/2/022034>
- [20] Marinina O., Malikov A., Lyubek Y., Pasternak S., Reshneva E., Stolbovskaya, N. Selection of Enhanced Oil Recovery Method on the Basis of Clustering Wells. Processes 2024, 12, 2082. <https://doi.org/10.3390/pr12102082>
- [21] Kukharova T.V., Utkin V.A., Pershin I.M. Modeling of a Decision Support System for a Psychiatrist Based on the Dynamics of Electrical Conductivity Parameters. Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2021, 2021, pp. 975–978, 9396273. DOI: 10.1109/EIConRus51938.2021.9396273.
- [22] Gloukhov D.V., Bogdanova D.A., Batova O.V., Vinogradova V.V., Nikiforov A.A. Synthesis of Rubber Mixing Process Control System. International Journal of Engineering, 2025, 38(10): 2249-2258. <https://doi.org/10.5829/IJE.2025.38.10A.04>
- [23] Fedkova T., Gloukhov D., About smart measuring (metering) systems for monitoring harmful emissions // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 592. p. 06012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202459206012>