

Университет Правительства Москвы

IX Конкурс исследовательских и проектных работ обучающихся образовательных организаций города Москвы и Московской области «Мегалополис XXI века – город для жизни» в 2024/2025 учебном году.

Проект

На тему: «Умный светофор»

Выполнен: учащимся 5А класса
Государственного бюджетного
общеобразовательного учреждения
города Москвы «Школа № 2087 «Открытие»

Голубевым Сергеем Михайловичем

Подпись Голубев

Научные руководители работы:

канд. техн. наук Нигай Руслан Михайлович,

Кирсанова Анна Александровна

Подпись Кирсанова

Руководитель Государственного бюджетного
общеобразовательного учреждения

города Москвы «Школа № 2087 «Открытие»

Воронова Александра Игоревна

Подпись Воронова

Москва

2024-2025



Отзыв научного руководителя

Данный проект представляет собой инновационное решение для оптимизации и повышения безопасности дорожного движения с использованием современных технологий. Обучающийся продемонстрировал глубокие знания в области электроники, программирования и проектирования, что является основой успешной реализации данного проекта.

3D-модель, разработанная на базе Arduino, позволяет имитировать различные сценарии управления движением, включая адаптивное регулирование сигнала светофора на основе интенсивности пешеходного и транспортного потока. Это не только повышает безопасность, но и делает управление дорожным движением более эффективным.

В процессе работы над проектом Голубев Сергей ознакомился с основами работы микроконтроллера, освоил язык программирования C/C++, а также принципы проектирования и создания 3D-моделей. Можно отметить высокое качество выполнения как аппаратной, так и программной части проекта.

Следует также упомянуть, что автор проекта проявил инициативу в тестировании и доработке своей модели, учитывая замечания и рекомендации, что свидетельствует о его готовности к научной и практической деятельности.

Проект «Умный светофор» имеет потенциал для дальнейшего развития и внедрения в реальную практику. Я уверена, что данный проект станет хорошей основой для будущих исследований и разработок в области умных транспортных систем.

Рекомендую проект к защите и надеюсь на успех автора в дальнейшем обучении и научной деятельности.

Научный руководитель



подпись

Кирсанова Анна Александровна

Содержание

Введение	4
Глава 1. Проблема организации движения на перекрестках	5
1.1 Исследование вопроса организации движения на перекрестках	7
1.2 Анализ ситуации с адаптивной регулировкой работы перекрестков на данный момент	8
Глава 2. Поиск эффективного решения организации работы светофоров на небольших перекрестках	9
2.1 Выполнение фанерного основания макета перекрестка	9
2.2 Подбор датчика для подсчета количества проехавших машин	10
Заключение.....	12
Список использованной литературы.....	12
Приложения	14

Введение

Город Москва – мегаполис, площадь и численность населения которого постоянно растет, а соответственно увеличивается количество дорог и автомобильного транспорта на них.

На перекрёстке дорог часто возникает проблемная ситуация: на одной из дорог нет машин, в то время как на другой – наоборот, их много. Неравномерность нагрузки транспорта на дорогах ухудшает пропускную способность работы перекрёстка. Можно оптимизировать работу светофора на перекрёстке таким образом, чтобы время работы зеленого разрешающего сигнала соответствовало количеству подъехавших к светофору машин.

Цель

Создать схему работы светофора с учетом количества подъехавших машин к перекрёстку с целью увеличения пропускной способности перекрёстка.

Задачи

1. Познакомиться с литературой по теме.
2. Изучить варианты организации работы светофора на перекрёстке.
3. Создать 3D-модель перекрёстка с помощью программы Tinkercad.
4. Собрать настольную модель перекрёстка.
5. Изучить виды датчиков обнаружения препятствий.
6. Разработать и собрать схему электрической цепи для работы модели перекрёстка на основе МК Ардуино Uno.
7. Провести отладку работы программы светофора.

Объект

Объектом исследования в данном проекте является небольшой перекресток автомобильных дорог.

Предмет

Предметом проектирования в проекте выступает система подсчета проехавших по дороге машин и программа регулирования работы светофоров с учетом полученных данных [5, 9].

Научная гипотеза

Можно разработать простую и недорогую систему, позволяющую увеличить пропускную способность небольших перекрестков в районах г. Москвы.

Методы исследования

В данном проекте были использованы следующие методы: изучение видов автомобильных перекрестков и режимов работы светофоров, наблюдение за работой пропускной способности перекрестков, сравнение режимов работы светофоров, 3D-моделирование перекрестка в Tinkercad, создание настольной модели перекрестка, программирование датчиков и светофоров в настольной модели, тестирование программы управления пропускной способностью настольного перекрестка.

Глава 1. Проблема организации движения на перекрестках

«Перекресток» – место пересечения, примыкания или разветвления дорог на одном уровне, ограниченное воображаемыми линиями, соединяющими соответственно противоположные, наиболее удаленные от центра перекрестка начала закруглений проезжих частей. Не считаются перекрестками выезды с прилегающих территорий [3].

Существует много видов перекрестков (рис.1), отличающихся по количеству полос движения автотранспорта, по наличию или отсутствию трамвайных, троллейбусных путей и выделенной линии, по организации пешеходных переходов (рис. 2) и т.д. Именно на перекрестке чаще всего случаются аварии, так как схема движения транспорта сложная. Поэтому часто на этих участках дорог требуется регулировка движения, а не проезд автотранспорта только согласно Правилам дорожного движения (ПДД) (рис. 3).



Рисунок 1 – Пример видов перекрёстков¹.

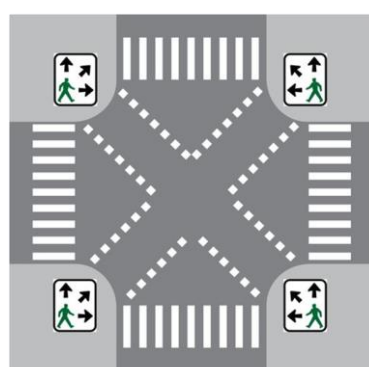


Рисунок 2 – Пример диагонального пешеходного перехода².



Рисунок 3 – Проезд перекрестков, согласно Правилам дорожного движения³.

1. <https://auto.today/bok/15204-kak-opredelit-perekrestok.html>

2. <https://www.drive2.ru/o/b/646347086828160954>

3. <https://www.v-tura.ru/gibdd/gibddnews/gosavtoinspekciya-napominaet-pravila-proezda-perekrestkov-dlya-voditelej.html>

1.1 Исследование вопроса организации движения на перекрестках

Организацией движения автотранспорта и пешеходов на дорогах Москвы занимается Центр организации дорожного движения (ЦОДД). С развитием современных технологий и искусственного интеллекта, появилась возможность управлять светофорами не «вручную», а автоматически. Благодаря камерам и дорожным датчикам сотрудники ЦОДД вовремя реагируют на заторы и ДТП (рис. 4). Чтобы справиться с «пробкой», они меняют работу светофоров: включают зелёный там, где нужнее, и москвичи могут проехать быстрее. А когда случается авария, отправляют на помощь Дорожный патруль [1, 4].



Рисунок 4 – Как работает Дорожный патруль в Москве⁴.

Также в Москве уже семь лет действует проект «Умный перекресток» [2], управляющий некоторыми городскими светофорами в адаптивном режиме. Эта система, при установлении ее на больших перекрестках, самостоятельно обнаруживает пешеходов, автомобилистов, городской пассажирский транспорт и, в зависимости от ситуации, с помощью искусственного интеллекта регулирует потоки светофорами.

4. <https://www.tvc.ru/news/120329>



Рисунок 5 – Схема работы системы «Умный перекресток» в Москве⁵.

1.2 Анализ ситуации с адаптивной регулировкой работы перекрестков на данный момент

Однако, адаптивный контроль имеющимися системами осуществляется только на больших перекрестках и площадях нашего города. Например, согласно статистике, в большом спальном районе г. Москвы – Марьино – таких светофоров всего несколько (рис. 6).

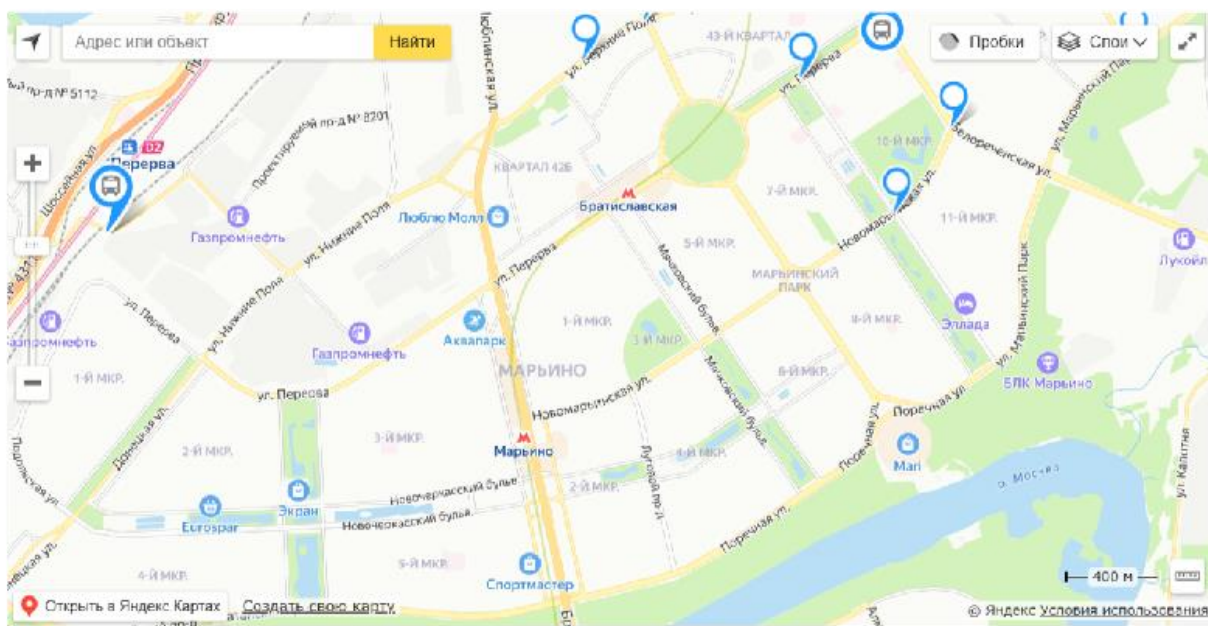


Рисунок 6 – Карта установки системы «Умный перекрёсток»⁶.

Видимо, такая система очень трудоемкая в исполнении и, поэтому, дорогостоящая. Для установки системы необходимо заложить в дорожное

5. <https://умныйперекресток.рф/>

6. spetsdor.ru

полотно индуктивных петлевых детекторов и кабель контроллера. При этом следует остановить движение транспорта по дороге, снять асфальтовое покрытие, уложить провод, затем восстановить или уложить новое покрытие. И только после этого происходит подключение всех элементов системы «Умный перекресток» к дорожному контроллеру «ПОТОК» и интеграция в интеллектуальную транспортную систему города (ИТС города).

Таким образом, перед исследователями стоит задача разработки простой, эффективной и недорогой системы управления светофорами на небольших перекрестках дорог внутри районов.

Глава 2. Поиск эффективного решения организации работы светофоров на небольших перекрестках

Автор данного проекта пришел к выводу, что для решения проблемы с регулировкой светофоров на небольших перекрестках, можно создать систему работы светофора на основе МК Ардуино Uno [6, 7, 8]. Для этого, автор выбрал конкретный вид перекрестка – с диагональным пешеходным переходом и определенной схемой движения транспорта, что важно для написания программы работы светофора (рис. 7).

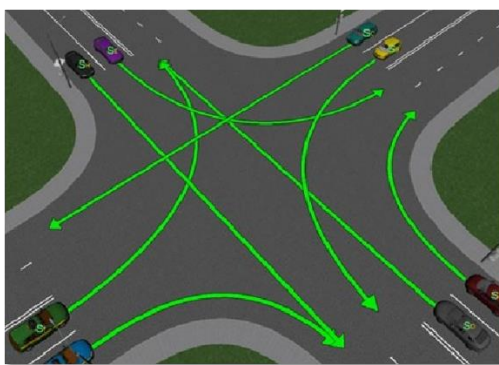


Рисунок 7 – Выбранный в проекте вид перекрестка и схема движения транспорта на нем.

2.1 Выполнение фанерного основания макета перекрестка

Перед тем, как изготовить настольную модель перекрестка, автор проекта осуществил поиск оптимального вида модели путем выполнения 3D-модели перекрёстка в программе Tinkercad (Приложение 1).

После этого автором проекта в домашней мастерской была изготовлена настольная модель перекрёстка из подручного материала (фанера, доски). В качестве отделки был использован природный материал – лишайник. (Приложение 2).

2.2 Подбор датчика для подсчета количества проехавших машин

Первоначально было решено использовать для подсчета машин, подъехавших к перекрестку, лазер и фоторезистор [11]. Однако, эта пара имеет несколько минусов. Во-первых, сложно наладить точное попадание тонкого луча лазера в фоторезистор в реальном масштабе. Во-вторых, установка фоторезистора на разделительной полосе дороги приведет к его частому выходу из строя. В-третьих, возможно нарушение правильной работы пары при ярком солнечном свете [10] (рис. 8).



Рисунок 8 – Работа лазера и фоторезистора.

Поэтому автором проекта был сделан выбор в пользу инфракрасного датчика обнаружения препятствий LM393 [12]. Датчик прост в работе: на нём имеются инфракрасный светодиод и детектор, в роли которого выступает фотодиод. Пучок излучения, посылаемый инфракрасным светодиодом, отражается от препятствия и попадает на приёмник. Если интенсивность отражённого сигнала превышает пороговую, то на выходе OUT появляется низкий уровень напряжения и загорается встроенный светодиод (рис. 9).

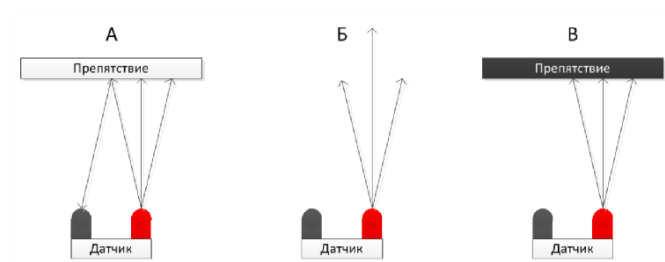


Рисунок 9 – Работа инфракрасного датчика обнаружения препятствий.

У этого датчика при работе также имеются недостатки, но для реализации целей проекта он подходит.

2.3 Написание программы для работы светофора

Разработка программы состояла из нескольких этапов работы. Сначала было определено, как будет работать светофор: красный → желтый → зеленый → мигающий зеленый → желтый.

Затем было собрано тело цикла (Приложение 3):

1. всем автомобилистам горит красный сигнал светофора; переходят пешеходы; идет подсчет подъехавших к перекрестку машин;
2. расчет наибольшего количества машин на дорогах (прямая и обратная – 2 пары);
3. расчет времени работы светофора в обе стороны (+2 секунды на каждую машину);
4. переключение светофора в режим работы в сторону дороги с большим количеством машин;
5. переключение светофора на вторую пару дорог.

Далее была написана, проверена, согласована с консультантом программа и залита на МК Ардуино Uno.

Проведенное итоговое тестирование показало правильность написания программы и сборки электрической цепи.

Апробация работы светофора в предложенном автором режиме на настольной модели перекрестка визуально показала свою эффективность, простоту и экономичность.

Автор считает интересным дальнейшее изучение данной проблемы и оптимизацию схемы работы модели перекрестка (Приложение 4).

Заключение

Для исследования предлагаемого способа адаптивного управления светофорным объектом был разработан и изготовлен настольный макет перекрестка, который подтвердил работоспособность предлагаемого подхода к автоматическому регулированию перекрестка.

Разработанная автором проекта новая схема работы светофора на небольшом перекрёстке позволит автомобилистам сократить время ожидания зеленого сигнала светофора за счет подсчета количества подъехавших машин, приоритетного переключения светофора в сторону дороги с большим количеством машин и увеличения длительности горения разрешающего сигнала светофора на оптимальное время проезда большего числа машин. Оптимизация работы перекрестка, в конечном итоге, увеличит его пропускную способность. Предложенная модель автоматизированной организации работы перекрестка по сравнению с другими вариантами проще в разработке и установке, экономичнее в эксплуатации.

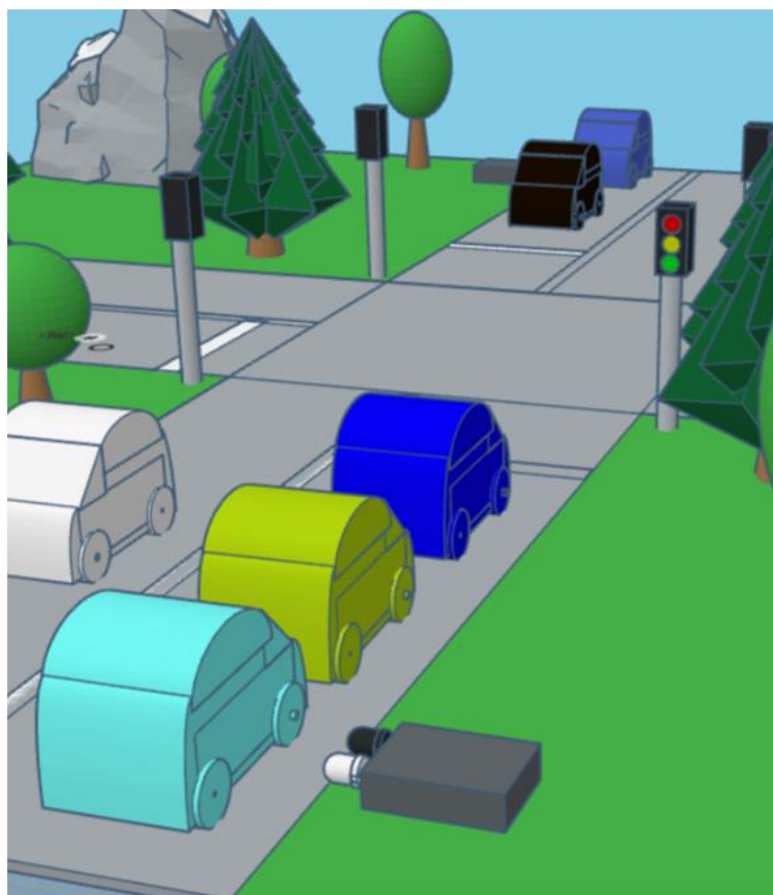
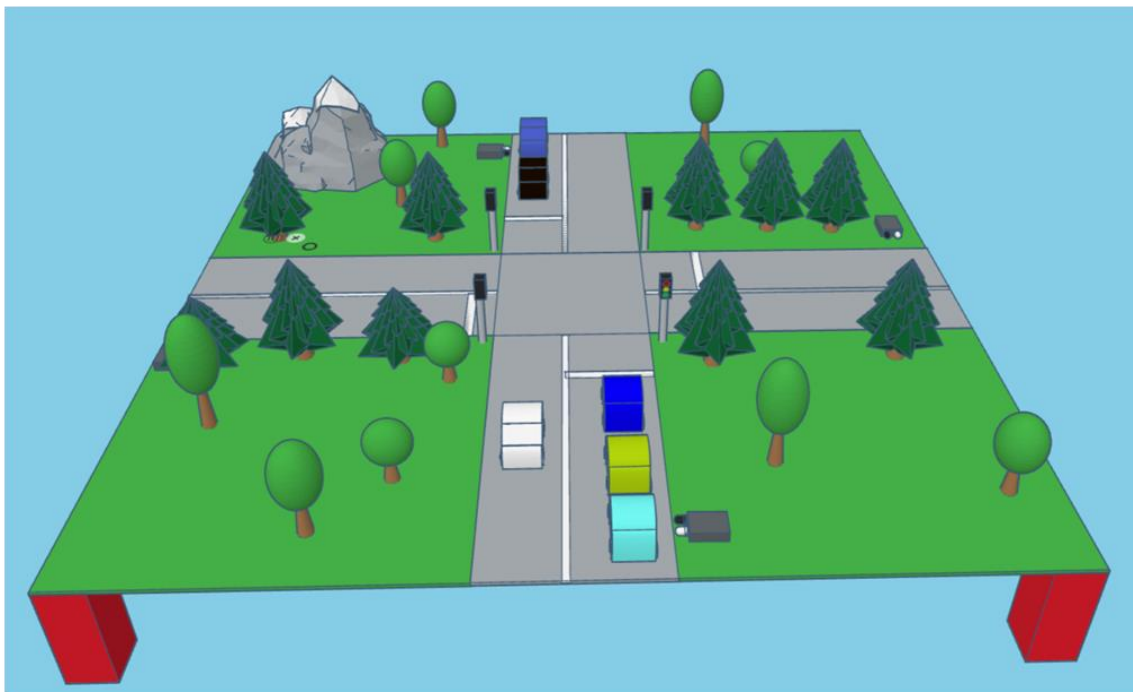
Автор проекта предполагает в перспективе оптимизировать схему работы модели перекрёстка за счет разработки системы реагирования светофора на проезд спецтехники, используя также микроконтроллер Ардуино Uno.

Список использованной литературы

1. <https://gucodd.ru/about>.
2. <https://умныйперекресток.рф/>.
3. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_2709/5894b193fda5648afe1c1a5e70c028f25cd29099/.
4. <https://www.tvc.ru/news/120329>.

5. Гололобов, В. Н. ARDUINO. Просто о сложном. – Санкт-Петербург : Наука и техника, 2024. – 368 с.
6. Белов, А. В. Программирование Arduino. Создаем практические устройства. – Санкт-Петербург : Наука и техника, 2018. – 272 с.
7. Петракова, Н. В. ARDUINO как способ программирования устройств на микроконтроллерах / Н. В. Петракова, Н. С. Харин. – Текст : электронный // Евразийское научное объединение. – 2020. № 1-1 (59). – С. 54–57. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42433991>. – Дата публикации: 01.03.2020 (дата обращения: 20.09.2024).
8. Белов, А. В. Программирование Arduino. Создаем практические устройства. – Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2018. – 272 с.
9. Тихонов, А. Открой тайны техники. – Москва : Робинс, 2018. – 16 с.
10. Лавлова, С. А. Занимательная физика. – Москва : Белый город, 2020. – 128 с.
11. Блум, Д. Изучаем Arduino. Инструменты и методы технического волшебства. – Санкт-Петербург : БХВ, 2020. – 544.
12. Толмачев, А. В. Датчики движения: назначение, виды, область применения / А. В. Толмачев, А. А. Бабарико, Э. В. Логунова. – Текст : электронный // Инновационные технологии в апк, как фактор развития науки в современных условиях : сборник X Международной научно - практической конференции, 16 ноября 2023 г. / редколлегия: А. С. Союнов; Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина. – Омск, 2023. – С. 463–468. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=58902567>. – Дата публикации: 11.01.2024 (дата обращения: 12.09.2024).

3D-модель перекрёстка в программе Tinkercad



Изготовление настольной модели перекрёстка



Программа для работы модели перекрёстка

```
#define TIMESVET 1000 //время переключения светов светофора
#define TIME_CAR 2000 //время проезда одной машины
uint32_t timer_svet_1;
//----1-3 светофор ----
#define RED1 2
#define GREEN1 4
#define YELLOW1 3
//----2-4 светофор ----
#define RED2 8
#define GREEN2 6
#define YELLOW2 7

//--- датчики приближения
#define N1 A0
#define N2 A1
#define N3 A2
#define N4 A3

uint32_t timer1, timer2;
uint32_t time1, time2;
int lastState1 = HIGH; // Предыдущее состояние для пина 1
int lastState2 = HIGH; // Предыдущее состояние для пина 2
int lastState3 = HIGH; // Предыдущее состояние для пина 3
int lastState4 = HIGH; // Предыдущее состояние для пина 4

unsigned long count1 = 0; // Счетчик для пина 1
unsigned long count2 = 0; // Счетчик для пина 2
unsigned long count3 = 0; // Счетчик для пина 3
unsigned long count4 = 0; // Счетчик для пина 4

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("start!");
  startSetup(); //инициализация и настройка всех портов
  delay(1000);
}

void loop() {
  timer1 = millis();
  count1 = 0;
  count2 = 0;
  count3 = 0;
  count4 = 0;
  while (millis() - timer1 < 10000) {
    delay(50);
    int currentState1 = digitalRead(N1);
    int currentState2 = digitalRead(N2);
    int currentState3 = digitalRead(N3);
    int currentState4 = digitalRead(N4);
```

1

```
// Проверка перехода с LOW на HIGH для пина 1
if (lastState1 == HIGH && currentState1 == LOW) {
  count1++;
}
// Проверка перехода с LOW на HIGH для пина 2
if (lastState2 == HIGH && currentState2 == LOW) {
  count2++;
}
// Проверка перехода с LOW на HIGH для пина 3
if (lastState3 == HIGH && currentState3 == LOW) {
  count3++;
}
// Проверка перехода с LOW на HIGH для пина 4
if (lastState4 == HIGH && currentState4 == LOW) {
  count4++;
}
// Обновление предыдущих состояний
lastState1 = currentState1;
lastState2 = currentState2;
lastState3 = currentState3;
lastState4 = currentState4;

// Вывод значений счетчиков каждые 1000 мс
if (millis() - timer2 > 500) {
  timer2 = millis();
  Serial.print("Count1: ");
  Serial.println(count1);
  Serial.print("Count2: ");
  Serial.println(count2);
  Serial.print("Count3: ");
  Serial.println(count3);
  Serial.print("Count4: ");
  Serial.println(count4);
}
if (count1 > count3) {
  time1 = count1;
} else count1 = count3;

if (count2 > count4) {
  time2 = count2;
} else time2 = count4;
if (time1 > time2) {
  Serial.println("1 time");
  changeColor(RED1, YELLOW1, GREEN1, 1);
  delay(time1 * 2000);
  changeColor(RED1, YELLOW1, GREEN1, 0);
  changeColor(RED2, YELLOW2, GREEN2, 1);
  delay(time2 * 2000);
  changeColor(RED2, YELLOW2, GREEN2, 0);
} else {
  Serial.println("2 time");
```

2

```

        changeColor(RED2, YELLOW2, GREEN2, 1);
        delay(time2 * 2000);
        changeColor(RED2, YELLOW2, GREEN2, 0);
        changeColor(RED1, YELLOW1, GREEN1, 1);
        delay(time1 * 2000);
        changeColor(RED1, YELLOW1, GREEN1, 0);
    }
    Serial.println();
}
void Rising() {
}
void changeColor(byte red, byte yellow, byte green, bool mode) {
    if (mode) {
        Serial.println("change to 1");
        digitalWrite(red, 1);
        delay(TIMESVET);
        digitalWrite(yellow, 1);
        delay(TIMESVET);
        digitalWrite(yellow, 0);
        digitalWrite(red, 0);
        digitalWrite(green, 1);
    } else if (!mode) {
        Serial.println("change to 0");
        digitalWrite(green, 1);
        delay(TIMESVET);
        digitalWrite(yellow, 1);
        delay(TIMESVET);
        digitalWrite(yellow, 0);
        digitalWrite(green, 0);
        digitalWrite(red, 1);
    }
}
void startSetup() { //инициализация и настройка всех портов
    pinMode(RED1, OUTPUT); //1-3 светофор
    pinMode(GREEN1, OUTPUT);
    pinMode(YELLOW1, OUTPUT);
    digitalWrite(RED1, 1);
    digitalWrite(GREEN1, 0);
    digitalWrite(YELLOW1, 0);

    pinMode(RED2, OUTPUT); //2-4 светофор
    pinMode(GREEN2, OUTPUT);
    pinMode(YELLOW2, OUTPUT);
    digitalWrite(RED2, 1);
    digitalWrite(GREEN2, 0);
    digitalWrite(YELLOW2, 0);

    pinMode(N1, INPUT_PULLUP); //датчики
    pinMode(N2, INPUT_PULLUP);
    pinMode(N3, INPUT_PULLUP);
    pinMode(N4, INPUT_PULLUP); }

```

3

Разработанная настольная модель перекрёстка



