Тема 4 · Урок 4.1

Находим и считаем перекрёстки

Робот замечает перекрёсток, останавливается на нём и не считает один перекрёсток дважды.

2 × 45 мин | 1–2 ученика на робота | Практика

РЕЗУЛЬТАТ УРОКА

Робот едет по линии с П-регулятором и останавливается на нужном по счёту перекрёстке. Каждый перекрёсток считается один раз.

Ты научишься

- Описать, что показывают датчики на перекрёстке.
- Записать условие перекрёстка и объяснить выбор порога.
- Объяснить, почему один перекрёсток может посчитаться много раз, и исправить это.
- Остановить робота на перекрёстке с заданным номером.

Нужно знать

- 3.2 П-регулятор: плавно и быстро

Понадобится

Датчик линии (аналоговый, Trema) × 2

Зачем этот урок

На полях итоговой задачи к грузам ведут ответвления от перекрёстков. Чтобы свернуть в нужное место, робот должен замечать перекрёстки и знать, какой по счёту перед ним. Сегодня робот научится находить, считать и проезжать перекрёстки.

РАЗМИНКА · ВСПОМНИ

1. Чему равна ошибка П-регулятора, когда линия ровно посередине?
2. Что показывает датчик по шкале 0–100 на чёрном?
3. Что делает `constrain`?

1

ЗАНЯТИЕ 1 · 45 МИН

Перекрёсток глазами датчиков

1 Что видят датчики на перекрёстке

12 мин

Что должен делать робот. Курьер должен заметить перекрёсток, доехать до него и при необходимости остановиться. Отдельный датчик перекрёстка не нужен: используем оба датчика линии и их показания вместе.

Что используем и как это работает. На обычной узкой дорожке датчики находятся по её краям. На широкой поперечной полосе оба могут одновременно увидеть чёрное. Программа проверяет это сочетание и решает, продолжать ли движение. Пока датчики остаются над одной полосой, многократные чтения относятся к одному перекрёстку, а не к нескольким.

Как связать измерение с действием. Сначала проверим признаки на неподвижном роботе, затем въезд и выезд с полосы. Для счёта нужно отделить обнаружение перекрёстка от проезда за его границу. Иначе быстрый цикл насчитает одну и ту же полосу много раз. Другая широкая тёмная область тоже может дать такой сигнал: датчики не знают географию поля.

Сколько показаний робот успевает получить, пока едет по поперечной линии?

1. Добавь в свою программу из урока 3.2 счётчик повторов `loop()` и раз в секунду печатай, сколько повторов прошло. Запиши число повторов в секунду на рабочей скорости.
2. Возьми свою скорость в мм/с из урока 2.1 или измерь её заново.
3. Посчитай: сколько повторов придётся на поперечную линию шириной 19 мм?
4. Провези робота руками через перекрёсток и сравни показания со своей таблицей положений.

Подсказка: Как посчитать

Время на линии — ширина линии, делённая на скорость. Повторов — это время, умноженное на число повторов в секунду.

ДОЛЖНО ПОЛУЧИТЬСЯ

В журнале — повторы в секунду, скорость, расчёт числа повторов на линии и показания на перекрёстке.

2 Условие перекрёстка

10 мин

Требование 1. Функция `onCrossing()` отвечает `true` на поперечной линии и `false` во всех остальных положениях робота.

Проверь условие на бумаге, прежде чем писать код. Для каждого положения запиши показания левого и правого датчика по шкале 0–100 и ответ функции:

Положение	leftLevel	rightLevel	`onCrossing()`
Линия посередине			
Линия под одним датчиком на крутой дуге 125 мм			
Линия ушла за оба датчика			
Поперечная линия			

1. Выбери порог по своим измерениям и обоснуй его: какой запас до самого тёмного показания вне перекрёстка?
2. Найди положение, в котором твоё условие может ошибиться. Что тогда сделает робот?

Подсказка: Где искать ошибку

Провези робота руками по дуге 125 мм из урока 3.2: насколько тёмным становится «край» линии под датчиком?

ДОЛЖНО ПОЛУЧИТЬСЯ

Таблица заполнена по измерениям, порог обоснован запасом, опасное положение и его последствие записаны.

3 Стоп на перекрёстке

20 мин

Требование 2. Продолжи свою программу `L32_P_Line` из урока 3.2 и сохрани как `L41_Crossing_Stop`:

- шаг П-регулятора вынесен в функцию `followLineStep()`, чтение датчиков — в `readSensors()`; П-регулятор при этом работает как раньше;
- функция `followLineToCrossing()` ведёт робота по линии и заканчивается, как только `onCrossing()` вернул `true`;
- в `setup()` робот доезжает до первого перекрёстка и останавливается;
- защита без измерений и пауза на старте остаются.

Приёмка. Робот останавливается на перекрёстке пять раз из пяти и ни разу на дуге своего уровня.

Подсказка: Идея (1 из 3)

Функция «едет, пока…» — это бесконечный цикл, из которого есть выход по условию.

Подсказка: План (2 из 3)

1. Повторять всегда: прочитать датчики.
2. Перекрёсток — выйти из функции.
3. Иначе — шаг П-регулятора.

Подсказка: Фрагмент кода (3 из 3)

```
while (true) { readSensors(); if (onCrossing()) { return; } … }
```

ДОЛЖНО ПОЛУЧИТЬСЯ

Программа выполняет требования 1–2, пять остановок из пяти записаны в журнал.

ЗАНЯТИЕ 2 · 45 МИН

2 Считаем перекрёстки

4 Найди ошибку счёта

8 мин

НАЙДИ ОШИБКУ · СЧЁТ ПО МОМЕНТУ ПОЯВЛЕНИЯ, А ВСЁ РАВНО 40

Соседи решили считать только момент, когда перекрёсток появился:

```
bool was = false;

void loop() {
  readSensors();
  bool now = onCrossing();
  if (now && !was) {
    count = count + 1;
  }
  followLineStep();
}
```

Робот проехал один перекрёсток, а `count` всё равно стал 40. Где ошибка?

1. Найди ошибку и запиши исправленный код в журнал.
2. Сравни 40 со своим расчётом числа повторов на линии из прошлого шага. Похоже?
3. Чем счёт по моменту появления хуже или лучше проезда перекрёстка, который будет в следующем шаге?

Подсказка: Что хранит was

Когда в этой программе меняется значение `was`?

ДОЛЖНО ПОЛУЧИТЬСЯ

Ошибка найдена, исправление записано кодом, число 40 объяснено расчётом, сравнение двух способов записано.

5 Проехать перекрёсток

10 мин

Требование 3. Функция `passCrossing()` проезжает перекрёсток прямо и заканчивается, когда датчики уже не на поперечной линии и не на её краю.

1. Напиши функцию в своей программе.
2. Исследуй паузу после схода с чёрного: 0, 50, 100, 200 мс. Для каждой запусти робота через два перекрёстка подряд (в `setup()` — `followLineToCrossing()`, `passCrossing()`, `followLineToCrossing()`, стоп) и отметь, на каком перекрёстке он остановился.
3. Запиши, какая пауза нужна и от чего она зависит. Что будет, если поднять `baseSpeed`?

Пауза, мс	Где остановился	Что видно
0		
50		
100		
200		

Подсказка: Идея (1 из 2)

Ехать прямо и повторять чтение датчиков, пока условие перекрёстка верно.

Подсказка: Фрагмент кода (2 из 2)

`do { readSensors(); } while (onCrossing());` — почему здесь `do`, а не `while`?

ДОЛЖНО ПОЛУЧИТЬСЯ

`passCrossing()` работает, таблица паузы заполнена, вывод о связи паузы и скорости записан.

6 Стоп на нужном перекрёстке

17 мин

Требование 4. Функция `goToCrossing(n)` ведёт робота по линии, проезжает прямо перекрёстки до `n`-го и останавливается на `n`-м. Сохрани программу как `L41_Count`.

Приёмка. Дорожка с тремя перекрёстками, `n` = 1, 2, 3, по три запуска на каждое.

`n`	Запуск 1	Запуск 2	Запуск 3
1			
2			
3			

ПРЕДСКАЖИ

Что должна сделать функция при `n = 0`? Реши сам, запиши и проверь, что программа делает именно это.

Подсказка: План (1 из 2)

`n - 1` раз: найти перекрёсток и проехать его. Потом найти последний и остановиться.

Подсказка: Фрагмент кода (2 из 2)

`for (int i = 1; i < n; i++) { … }` — сколько раз выполнится цикл при `n = 1`?

ДОЛЖНО ПОЛУЧИТЬСЯ

Девять запусков без ошибки в таблице, поведение при `n = 0` выбрано и проверено.

7 Задания по уровням

10 мин

★★ **ПРОДВИНУТЫЙ УРОВЕНЬ · БЕЗ ОСТАНОВОК**

Сделай так, чтобы робот проезжал все перекрёстки без остановки и не терял линию после них. Подсказка: в `loop()` — если перекрёсток, `passCrossing()`, иначе шаг П-регулятора.

ПРОВЕРЬ СЕБЯ

- [ ] Я могу объяснить условие перекрёстка.
- [ ] Я знаю, почему перекрёсток нужно проехать, прежде чем искать следующий.
- [ ] Я могу остановить робота на нужном перекрёстке.

Проверь себя

★★ Продвинутый уровень

1. Что должна делать функция passCrossing()?

- ○ Проехать перекрёсток прямо и съехать с чёрной области без остановки
- ○ Остановить робота
- ○ Повернуть налево

2. Что помогает не потерять линию сразу после перекрёстка? Выбери все верные ответы.

- [ ] Проезжать перекрёсток прямо с одинаковой скоростью колёс
- [ ] Сразу после перекрёстка вернуться к шагу П-регулятора
- [ ] Выключить датчики линии на всю поездку

3. Без паузы после схода с поперечной линии робот иногда останавливается сразу за перекрёстком. Почему?

- ( ) passCrossing() выключает моторы
- ( ) Счётчик перекрёстков сбрасывается
- ( ) Датчики ещё видят край поперечной линии, и он считается новым перекрёстком

4. Вызвали goToCrossing(2). На каком перекрёстке остановится робот?

```
void goToCrossing(int n) {
  for (int i = 0; i < n; i++) {
    followLineToCrossing();
    passCrossing();
  }
  followLineToCrossing();
  stopMotors();
}
```

- ○ На третьем
- ○ На втором
- ○ На первом

5. На крутой дуге робот иногда останавливается, будто на перекрёстке. Что проверить первым?

- ○ Заряд батареи
- ○ Показания обоих датчиков на дуге: не опускаются ли оба ниже порога
- ○ Коэффициент kp

Отвечай на вопросы своего уровня. Нужно верных ответов: Начальный — 4 из 5; Средний — 4 из 5; Продвинутый — 4 из 5. Ответы проверит преподаватель или программа курса.

Итог

Робот находит перекрёстки и считает их без повторов. Следующий шаг — сворачивать на перекрёстке в нужную сторону и проходить маршрут.

Как подтвердить результат

Для каждого опыта сохраняй условия, версию программы, наблюдение и вывод. Сравнивая попытки, меняй одну причину за раз; неудачные попытки тоже остаются в журнале. Отметка результата относится к уже выполненным действиям, повторять их ради отметки не нужно. Если результат не получен, запиши расхождение и следующую проверяемую гипотезу. Модель, измерения настоящего робота и объяснение — разные виды доказательств.

Словарь урока

перекрёсток	Место, где линию пересекает другая линия. Оба датчика одновременно видят чёрное.
порог	Число для сравнения: показание меньше 30 по шкале 0–100 считаем чёрным.
цикл while	Повторяет команды, пока условие верно.
return	Немедленно завершает функцию и возвращает программу туда, откуда функцию вызвали.