Тема 2 · Урок 2.2

Повороты и развороты

Робот поворачивает на месте на 90° и разворачивается на 180°. Время поворота подбираешь сам.

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

РЕЗУЛЬТАТ УРОКА

Робот поворачивает на 90° налево и направо и разворачивается на 180°. Время поворотов подобрано и записано в бортовой журнал, повороты оформлены функциями.

Ты научишься

- Объяснить, почему робот крутится на месте, когда колёса вращаются в разные стороны.
- Подобрать время поворота опытом и проверить его повторением.
- Написать функции turnLeft(), turnRight() и turnAround().
- Предсказать, куда приедет робот по последовательности движений.

Нужно знать

- 2.1 Моторы: едем и останавливаемся

Понадобится

- Мотор-редуктор × 2
- Шилд моторов L298P (Амперка)
- Батарейный отсек моторов с выключателем

Зачем этот урок

Робот умеет ездить вперёд и назад. Но на поле итоговой задачи нужно сворачивать к грузам и разворачиваться. Сегодня робот научится поворачивать на месте, а ты — подбирать числа опытом, как настоящий инженер.

РАЗМИНКА · ВСПОМНИ

1. Какая команда задаёт направление вращения колеса?
2. Что будет, если включить моторы и не написать `stopMotors()`?
3. Чем описание функции отличается от её вызова?

1

ЗАНЯТИЕ 1 · 45 МИН

Поворот на месте

1 Колёса в разные стороны

10 мин

Что должен делать робот. Курьеру нужно менять направление: повернуть к ответвлению и развернуться для обратной поездки. Поворот получим теми же двумя моторами, без отдельного рулевого механизма.

Что используем и как это работает. Когда колёса проходят разные расстояния, корпус поворачивается. Если одно колесо вращается вперёд, а другое назад, робот разворачивается примерно вокруг середины между колёсами. Функция поворота объединяет направления колёс, время вращения и остановку.

Как связать измерение с действием. В этом уроке угол задаём временем работы моторов. Это приближение: заряд батареи, покрытие и проскальзывание меняют результат. Измерим получившийся угол, подберём время и повторим опыт. Имя turnLeft само по себе не гарантирует 90 градусов — это должна подтвердить проверка.

Требование. В своей программе `L21_Moves` из урока 2.1 сделай пробу поворота: колёса крутятся в разные стороны с одной скоростью `turnSpeed` в течение `turnMs`, потом робот останавливается. Сохрани как `L22_Turn_Test`.

Исследование: вокруг чего крутится робот.

1. Положи робота на лист бумаги и обведи карандашом оба колеса.
2. Запусти поворот и обведи колёса снова. Найди точку, вокруг которой повернулся робот.
3. Совпадает ли она с серединой между колёсами? Если нет — насколько сантиметров и почему?

Подсказка: Как найти точку поворота

Соедини старое и новое положение каждого колеса. Точка поворота лежит там, где эти положения одинаково далеко.

ДОЛЖНО ПОЛУЧИТЬСЯ

Проба поворота работает. В журнале — рисунок, точка поворота и объяснение, почему она там.

2 Подбери время поворота на 90°

20 мин

Подбери время поворота **методом** и узнай, насколько ему можно доверять.

1. Найди одно время, при котором робот явно не доворачивает, и одно, при котором явно перекручивает. Пробуй середину между ними и сужай промежуток, пока ошибка не станет меньше 5°.
2. С найденным временем сделай пять поворотов подряд. Для каждого отметь на листе, куда смотрит нос, и измерь транспортиром ошибку в градусах.
3. Повтори пункт 2 при другой `turnSpeed` (например, 160). При какой скорости повороты точнее и одинаковее?
4. Повернёт ли робот направо за то же время? Проверь и запиши.

`turnSpeed`	`turnMs`	**Ошибки 5 поворотов, °**	**Самая большая ошибка, °**
100			
160			

Подсказка: Как измерить ошибку без транспортира

Сравни отметку носа с линией 90° на расстоянии 10 см от центра поворота: 1 см в сторону — это примерно 6°.

ДОЛЖНО ПОЛУЧИТЬСЯ

В журнале — способ поиска, время для двух скоростей, ошибки пяти поворотов и вывод: какую `turnSpeed` брать и одинаково ли время налево и направо.

3 Разворот на 180°

15 мин

1. Предскажи время разворота по своему времени на 90° и проверь на полу. Подбери точное время тем же методом, что и для 90°.
2. Сравни: во сколько раз время на 180° больше времени на 90°? Объясни в журнале, откуда берётся разница. Назови две причины.
3. Выведи правило: сколько миллисекунд нужно на один градус при развороте и при повороте на 90°? Какое из чисел точнее подойдёт для поворота на 45°? Проверь.

ДОЛЖНО ПОЛУЧИТЬСЯ

Время разворота подобрано. В журнале — сравнение с удвоенным поворотом на 90°, две причины разницы и проверка правила на 45°.

ЗАНЯТИЕ 2 · 45 МИН

2 Функции поворотов

4 Функции поворотов

12 мин

Требование. Продолжи свою программу `L21_Moves` из урока 2.1 и сохрани как `L22_Turns`:

- `turnLeft()`, `turnRight()`, `turnAround()` — повороты на 90° и разворот по твоим временам, каждый заканчивается остановкой;
- времена — именованные переменные в начале скетча; если в шаге подбора время налево и направо получилось разным, у каждого поворота своя переменная;
- направление и скорость колёс задаёт только `drive`;
- в `setup()` — квадрат для следующего шага: четыре раза «вперёд 1 секунду, налево».

Подсказка: Идея (1 из 2)

Поворот — это `drive` с колёсами в разные стороны, ожидание и остановка.

Подсказка: Фрагмент кода (2 из 2)

`drive(BACKWARD, turnSpeed, FORWARD, turnSpeed);` — так робот крутится налево. Что поменять для поворота направо?

ДОЛЖНО ПОЛУЧИТЬСЯ

Программа выполняет требование и проверяется без ошибок.

5 Квадрат

18 мин

1. Запусти квадрат три раза. Каждый раз измерь, насколько робот промахнулся мимо старта (в сантиметрах) и насколько повёрнут нос (в градусах).
2. Оцени ошибку одного поворота: раздели ошибку направления в конце на четыре. Совпадает ли она с ошибкой, которую ты мерил при подборе времени?
3. Что сильнее портит квадрат: ошибка поворотов или увод на прямой? Как это проверить отдельным опытом? Проведи его и запиши вывод.

НАЙДИ ОШИБКУ · КВАДРАТ ПРЕВРАТИЛСЯ В ЛИНИЮ

У соседей робот едет вперёд, крутится, но квадрат не получается: он ездит туда-обратно. В их `turnLeft()` стоит `delay(turn180Ms)`. Что не так?

ДОЛЖНО ПОЛУЧИТЬСЯ

Замеры трёх квадратов, оценка ошибки одного поворота и опыт, который показал главную причину промаха.

6 Задания по уровням

15 мин

★★ **ПРОДВИНУТЫЙ УРОВЕНЬ · ПОВОРОТ НА ЛЮБОЙ УГОЛ**

Напиши функцию `turn(int degrees)`: положительный угол — налево, отрицательный — направо. Время считай как `degrees × msPerDegree`, где `msPerDegree = turn90Ms / 90`. Проверь на 45°, 90° и 180°. Где точность хуже всего и почему?

ПРОВЕРЬ СЕБЯ

- [ ] Я могу объяснить, почему робот крутится на месте.
- [ ] Мои времена поворотов записаны в журнале.
- [ ] Я могу предсказать путь робота по программе из движений.

Проверь себя

★★ Продвинутый уровень

1. **turn90Ms = 600. Сколько миллисекунд займёт turn(45), если msPerDegree = turn90Ms / 90?**

- ○ 300
- ○ 450
- ○ 600

2. **Как функция turn(int degrees) понимает, куда поворачивать?**

- ○ По знаку угла: положительный — налево, отрицательный — направо
- ○ По датчику, который видит линию
- ○ Всегда поворачивает налево

3. **Ошибки пяти поворотов: при turnSpeed = 100 — +4°, −6°, +5°, −3°, +2°; при 160 — +1°, −2°, +2°, 0°, −1°. Какую скорость выбрать?**

- ○ Любую: ошибки одинаковые
- ○ 160: самая большая ошибка меньше
- ○ 100: чем медленнее, тем всегда точнее

4. **При 300 мс робот явно не доворачивает, при 500 мс — явно перекручивает. Что попробовать дальше?**

- ○ 600 мс
- ○ Снова 300 мс
- ○ 400 мс — середину между ними

5. **turn90Ms = 400. Для 45° по коэффициенту из 90° вышло 200 мс, а робот повернул только на 35°. Почему?**

- ○ Разгон занимает одинаковое время в каждом повороте, и в коротком повороте его доля больше
- ○ Коэффициент нельзя делить на 90
- ○ turn() не умеет поворачивать на нечётные углы

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 поворачивает по времени, которое ты подобрал опытом. Это простой способ, но он зависит от батареи и пола. В уроке 4.2 робот научится поворачивать точнее — по датчикам: крутиться, пока не найдёт новую линию.

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

поворот на месте	Колёса крутятся в разные стороны, и робот вращается вокруг середины между колёсами.
калибровка	Подбор числа по опыту: например, сколько миллисекунд нужно на поворот 90°.
погрешность	Насколько результат отличается от нужного: например, робот повернул на 85° вместо 90°.