

# Система управления автономным трехколесным роботом с дифференциальным приводом

С. М. Богданова<sup>1</sup>, Т. О. Кузьмина<sup>2</sup>, А. Д. Стоцкая<sup>3</sup>  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
<sup>1</sup>bsm-97@mail.ru, <sup>2</sup>taniasun1@mail.ru, <sup>3</sup>inferum.mail.ru

**Аннотация.** Рассматриваются задачи разработки аппаратной части системы управления трехколесным мобильным роботом с дифференциальным приводом, разработки и программной реализации алгоритма движения робота на свет, с обходом препятствий.

**Ключевые слова:** колесный мобильный робот; система управления; дифференциальный привод; алгоритм движения на свет; обход препятствий

## I. РАЗРАБОТКА АППАРАТНОЙ ЧАСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

В настоящее время, замена человека роботом с автоматизированным управлением позволяет не только обезопасить человека от вредоносной среды на производстве, но и повысить производительность на предприятии, поскольку человеческие ресурсы освобождаются для более важных задач [1, 2].

Целью данной работы является разработка и реализация системы управления мобильного робота, способного перемещаться автономно и ориентироваться в пространстве. Благодаря небольшим масса-габаритным показателям, данный робот сможет исследовать труднодоступные для человека участки помещений.

В работе в качестве объекта управления разрабатываемой системы был выбран трехколесный робот с дифференциальным приводом. Основу робота составляет пластиковый корпус, распечатанный на 3D-принтере. Внешний вид собранного робота представлен на рис. 1.

С точки зрения функционирования объекта управления, можно выделить четыре подсистемы, отвечающие за определенные функции робота. На рис. 2 представлена структурная схема разрабатываемой системы автоматического управления колесным роботом.

Подсистема обнаружения света состоит из двух фоточувствительных диодов, встроенных в переднюю часть робота, и двух фоторезисторов, установленных в боковые части робота.

Подсистема обнаружения препятствия состоит из двух инфракрасных диодов и одного ультразвукового датчика, расположенных в передней части робота.

Основу подсистемы управления и обработки информации составляет микроконтроллер ATMEGA128 фирмы Atmel.

Подсистема управления движением состоит из двух драйверов ULN 2068B, двух шаговых двигателей и трех пневматических колес.



Рис. 1. Автономный трехколесный робот с дифференциальным приводом

Для реализации движения робота была выбрана конструкция с дифференциальным приводом, позволяющая контролировать скорость вращения двух ведущих колес, независимо друг от друга. Датчики собирают информацию об окружающем робота пространстве и передают сигналы на микроконтроллер через прерывание. Контроллер обрабатывает полученные сигналы, и, в соответствии с алгоритмом программы, посылает необходимые команды на драйверы управления шаговыми двигателями, которые в свою очередь подают импульсы на обмотки шагового двигателя в соответствии с заданным режимом работы.

Шаговые двигатели осуществляют свою работу в полушаговом режиме. В данном режиме работы, мотор сможет дать удвоенное число шагов на оборот, что означает двойную точность для системы позиционирования. Благодаря способности шагового двигателя фиксировать положение ротора при остановке, отсутствует необходимость использовать тормозную систему, фиксаторы и иные приспособления.



Рис. 2. Структурная схема системы управления роботом

Таким образом, разработанная конструкция позволяет мобильному роботу устойчиво перемещаться за счет опорного колеса и правильно подобранных размеров корпуса робота. Благодаря подборке датчиков, использующих разный принцип работы для обнаружения препятствий (принцип эхолокации и оптического воздействия), шансы робота обнаружить преграду и избежать столкновения возрастают [4].

## II. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Задача данного робота заключается в умении ориентироваться в пространстве и поиске наиболее освещенного участка помещения. Также робот должен уметь вовремя обнаруживать и объезжать препятствия. Поиск света осуществляется с помощью двух фотодиодов и двух фоторезисторов, встроенных в корпус робота, сигналы с которых постоянно суммируются и сравниваются между собой. Поиск свободного пространства осуществляется с помощью ультразвукового датчика [3]. На близлежащие препятствия (до двадцати сантиметров) реагируют инфракрасные датчики, на препятствия, находящиеся на расстоянии до четырех метров – ультразвуковой датчик.

Управление движением робота организовано таким образом, чтобы при уходе от одной преграды не произошло столкновения с другими препятствиями. А именно: ультразвуковой датчик постоянно производит замеры расстояния до окружающих предметов и стен, и, когда на микроконтроллер приходит сигнал об обнаружении предмета на расстоянии менее сорока сантиметров, на шаговые двигатели приходит сигнал о начале разворота влево. Разворот происходит до тех пор, пока не приходит сигнал о новом близлежащем препятствии или встрече свободного пространства, удаленностью более восьмидесяти сантиметров. Затем подается сигнал о развороте робота вправо, до тех пор, пока робот не отсчитает половину от количества совершенных шагов (это дает возможность роботу проехать ровно между двумя препятствиями). Таким образом, робот находит оптимальный путь для обхода

преграды. Иллюстрация данного движения показана на рис. 3.

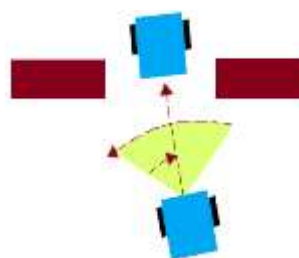


Рис. 3. Иллюстрация обхода препятствий, обнаруженных ультразвуковым датчиком

Чтобы не возникло ситуации, при которой исследуемый объект поедет в слишком узкое для себя пространство, условием проезда между двумя препятствиями является наличие свободного пространства.

На случай, если ультразвуковой датчик не среагировал на препятствие, робот запрограммирован на «аварийный» уход от преград, с помощью инфракрасных диодов. Иллюстрация ухода от близлежащего препятствия показана на рис. 4.

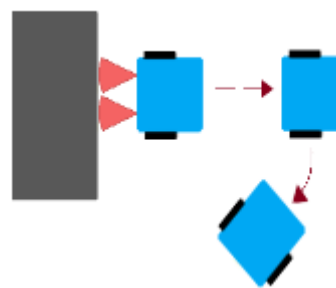


Рис. 4. Иллюстрация ухода от препятствий, обнаруженных инфракрасными датчиками

Когда препятствие оказывается слишком близко, или же, если столкновение уже произошло, инфракрасные диоды ловят отраженный сигнал, затем передают его на контроллер, который определяет местонахождение

преграды и дает сигнал об отъезде назад, затем робот разворачивается влево и продолжает свое движение.

При реализации алгоритма поиска света перемещение робота происходит с ориентацией на самый освещенный участок помещения. Осуществляется это таким образом: через прерывания на микроконтроллер поступают сигналы с фоторезисторов и фотодиодов, микроконтроллер производит суммирование сигналов, затем сравнивает их между собой, для определения самого освещенного датчика. Иллюстрация перемещения робота с ориентацией на свет представлена на рис. 5.



Рис. 5. Иллюстрация поиска света

Когда робот находит достаточно яркий источник освещения (инфракрасная лампа, свет от яркого фонаря), он останавливается, условием остановки должно служить равенство напряжений, возникающих на фотодиодах при попадании яркого луча. Если источник яркого света начинает смещаться, робот поворачивается в сторону за смещенным источником. Смещение источника света определяется за счет разницы напряжений правого и левого фотодиодов. Таким образом, робот может осуществлять слежку за обнаруженным объектом. Если источник яркого освещения уходит из диапазона видимости, робот снова осуществляет движение с поиском яркого освещения. Иллюстрация слежения за ярким светом представлена на рис. 6.

Во время проведения испытаний алгоритма были переданы данные с датчиков через встроенный беспроводной UART. Результат работы ультразвукового дальномера представлен на рис. 7.

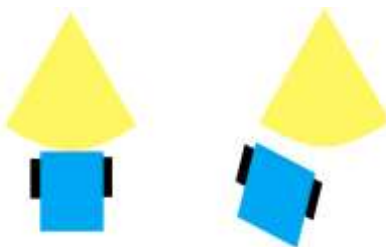


Рис. 6. Иллюстрация слежения за ярким источником света

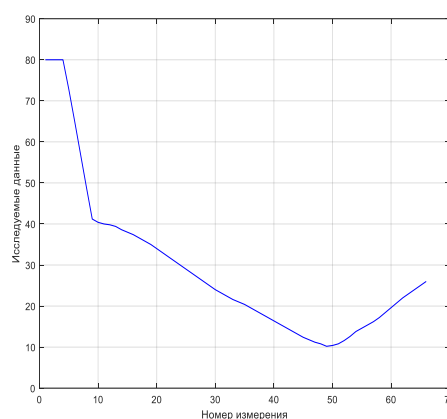


Рис. 7. Измерения расстояний до препятствий ультразвуковым дальномером

На данном графике представлена выборка показаний с ультразвукового дальномера при максимальном приближении препятствия к мобильному роботу. Из графика видно, что минимальное расстояние, на котором датчик успевает измерить расстояние до препятствия, равно 9 сантиметрам. Таким образом, ультразвуковой дальномер обладает так называемой «слепой зоной» величиной в 9 сантиметров.

Реакция робота на препятствие, обнаруженное ультразвуковым дальномером, представлена на рис. 8.

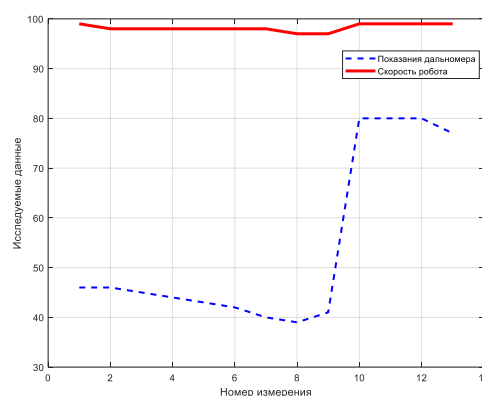


Рис. 8. Изменение скорости робота и измерения дальномером при обнаружении препятствия

Данный график показывает, как изменяется переменная скорости шагового двигателя при обнаружении препятствия ультразвуковым датчиком. По алгоритму, робот начинает объезжать преграды, обнаруженные на расстоянии меньше 40 сантиметров. В моменты обнаружений данных препятствий, скорость шагового двигателя начинает снижаться, что говорит о повороте робота при уходе от преграды. Когда дальномер вновь показывает значения больше «критического» расстояния, скорость стабилизируется, робот едет прямо.

При обнаружении яркого источника света робот останавливается, при перемещении источника света, робот начинает подруливать в сторону за ярким светом.

График изменений скорости и освещенности при обнаружении фотодиодами инфракрасной лампы представлен на рис. 9. Переменная скорость принимает значения меньше 50 при медленном повороте за ярким светом. Об обнаружении яркого источника света свидетельствуют показания фотодиодов (от 60 и выше). Робот выполняет поворот в сторону самого освещенного диода и стоит на месте до тех пор, пока оба фотодиода освещены одинаково.

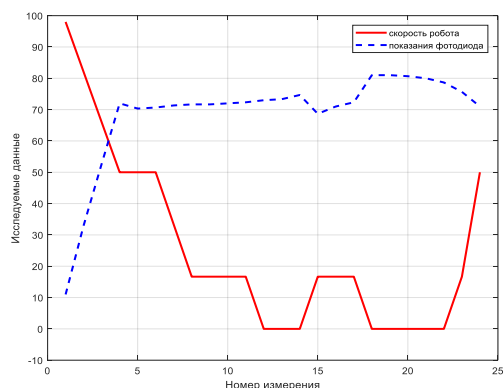


Рис. 9. Изменение скорости робота и показания фотодиода при обнаружении яркого света

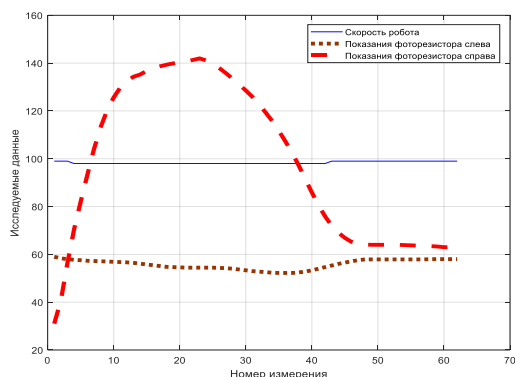


Рис. 10. Изменение скорости робота и показания фоторезисторов при обнаружении яркого света

Мобильный робот во время движения выполняет подруливание в сторону самого освещенного участка помещения. В данном случае сравниваются показания с фоторезисторов. Изменение скорости робота, при нахождении фоторезистором освещенного участка, представлено на рис. 10. Когда фоторезисторы справа и слева начинают показывать приблизительно одинаковое напряжение, скорость вырастает до максимальной, что говорит о движении робота прямо.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная система управления показала хорошие результаты при испытаниях в небольших помещениях:

- разработанный алгоритм движения позволяет роботу двигаться в сторону яркого света, выбирая при этом оптимальный путь обхода препятствий;
- исходя из полученных данных, можно утверждать, что все действия мобильного робота выполняются в соответствии с разработанным алгоритмом движения.

Таким образом, данная система управления автономным роботом может быть использована для работы в труднодоступных участках помещений на производстве.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Бройнль Т. Встраиваемые робототехнические системы: проектирование и применение мобильных роботов со встроенными системами управления. Ижевск: Ижевский институт компьютерных исследований, 2012. 520 с.
- [2] Бишоп О. Настольная книга разработчика роботов. СПб.: «КОРОНА-ВЕК», 2010. 400 с.
- [3] Жмудь В.А., Кондратьев Н.О., Кузнецов К.А., Трубин В.Г., Димитров Л.В. Ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR04// Научно-технический журнал «Автоматика и программная инженерия». 2017. №4(22). С.18-26.
- [4] Высоцкий Е.В., Лозовенко И.С. Алгоритм программного управления робота с обходом препятствий//Электронный научно-практический журнал «Молодежный научный вестник» - 2017. [Электронный ресурс] URL: <http://www.mnvnauka.ru/2017/05/Vysotsky2.pdf>. (дата обращения: 02.04.2019).