

# **Содержание**

<b>Вступление</b>	<b>2</b>
<b>Основная часть</b>	<b>3</b>
1.    Постановка задачи . . . . .	3
2.    Практическая часть . . . . .	4
2.1.    Создание шасси . . . . .	4
<b>Заключение</b>	<b>10</b>

# Вступление

Системы автоматического управления используются повсеместно. Основная их задача - поддерживать состояние системы в соответствии с некоторыми требованиями - движение по заданной траектории, поддержание температуры и т.д.

Одна из причин, почему контролируемая система начинает со временем не соответствовать заданным условиям - это различные внешние воздействия. Например, окружающая среда может похолодать, из-за чего автоматическая печь начнет остывать быстрее. Или беспилотник начнет сносить в сторону боковой ветер. Кроме того, стабильности состояния может помешать несовершенство механизма, который управляет. Например, люфт в механических передачах, неодинаковые параметры двигателей и т.д.

Для решения проблемы в систему управления вводится обратная связь и некоторый регулятор, чтобы компенсировать влияние помех. Поэтому ставятся задачи как чисто аналитического плана - синтез регулятора, так и технического - разработка удачного ПО для непосредственного управления электромеханическими частями объекта, измерение необходимых параметров среды и состояния системы, предварительная обработка и очистка сигнала, чтобы сделать его пригодным для анализа.

В данной НИР мы начинаем подготовительную работу для анализа работы и влияния различных методов и приемов компенсации помех в работе подвижных объектов. Так как максимально продуктивным будет изучение на практике, необходимо разработать подвижную мобильную платформу, способную перемещаться в пространстве в соответствии с заданными командами, а также собирать и обрабатывать информацию о своем состоянии. Выбран наземный вариант с перемещением в 2D-пространстве как наиболее простой вариант, упрощающий реализацию но не основные принципы и идеи.

# **Основная часть**

## **1. Постановка задачи**

Как уже было указано,

## 2. Практическая часть

Основная задача на НИР этого семестра - создание платформы для отработки приемов и методов управления. Процесс можно разделить на несколько частей - сборка механической части, разработка ПО для микроконтроллера и разработка подобия управляющего терминала.

### 2.1. Создание шасси

В основе подвижного мобильного шасси лежит готовый комплект. Пример представлен на рис. 1. Он включает в себя пластиковую основу, стойки-крепления, электрические двигатели постоянного тока с пластико-выми редукторами, колёса с прорезиненным протектором (который, тем не менее, довольно хорошо скользит) и дисками для тахометров.

Как видно из фотографии, оригинальный комплект подразумевает наличие четырёх ведущих колёс. Однако, как выяснилось в тестах, колеса начинают прокальзывать, что вкупе с довольно неоднородными реальными характеристиками двигателей превращало процесс движения шасси в довольно стохастический процесс. Поэтому решено было оставить лишь два задних колеса, а для сохранения баланса поставить вперёд ведомое колесо-подставку, которое дополнительно легко вращается вокруг вертикальной оси, не препятствуя движению объекта. Заметим, что массивные батареи также находятся сзади, что обеспечит колёсам хорошее сцепление с поверхностью.

Комплект хороший, но этого недостаточно для поставленных задач. Далее шасси необходимо дополнить электронными компонентами.

Во-первых, необходим микроконтроллер. Рассматривались несколько вариантов:

- Arduino (контроллеры семейства AVR серии ATmega, кроме Due)
  - Uno (ATmega328 16 МГц, Flash 32Кб, RAM 2Кб, 14 IO pins)

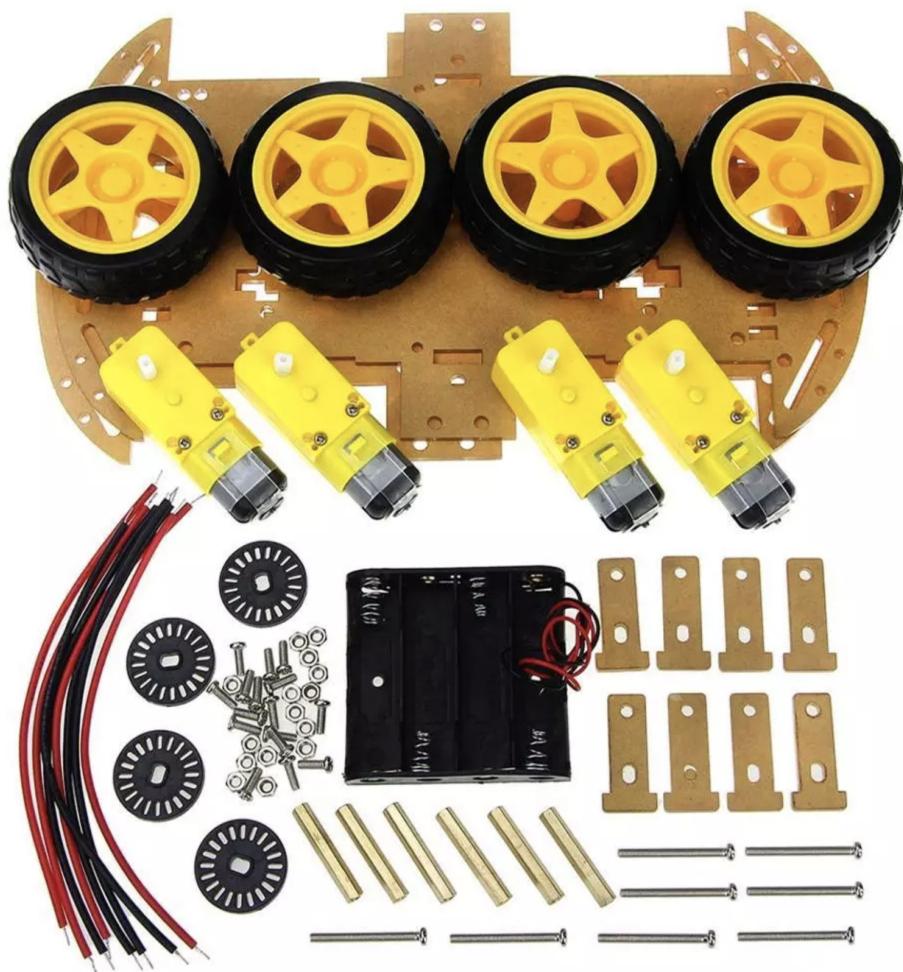


Рисунок 1 — Основа шасси в разобранном виде

- Mega 2560 (ATmega2560 16 МГц, Flash 256 Кб, RAM 8 Кб, 54 IO pins)
- Due (ARM AT91SAM3X8E 84 МГц, Flash 512 КБ, RAM 96 КБ, 54 IO pins)
- Pro mini (ATmega328 16 МГц, Flash 32 Кб, RAM 2 Кб, 14 IO pins)
- STM32 (контроллеры семейства ARM)
  - STM32F103C8T6 "Blue Pill" (Cortex M3 72Мгц, Flash 64Кб, RAM 32Кб 37 IP pins)

Наиболее популярный вариант - Arduino Uno. Обладает мощностями, до-

статочными для решения задачи на начальном этапе, однако имеет достаточно большие размеры и некоторые излишества, которые хороши для обучения работы с микроконтроллерами, но не нужны в готовом устройстве. STM32 куда мощнее и быстрее, компактна и вообще хороша во всём, кроме фреймфорков. Существуют удобные готовые подобия RTOS (ОС реального времени), однако они довольно большие и занимают почти всю доступную память данного контроллера начального уровня. Библиотеки более низкого уровня сложных требуют слишком много времени на освоение, что не предполагается в данной задаче.

Итого, была выбрана плата Arduino Pro Mini, представленная на рис.2

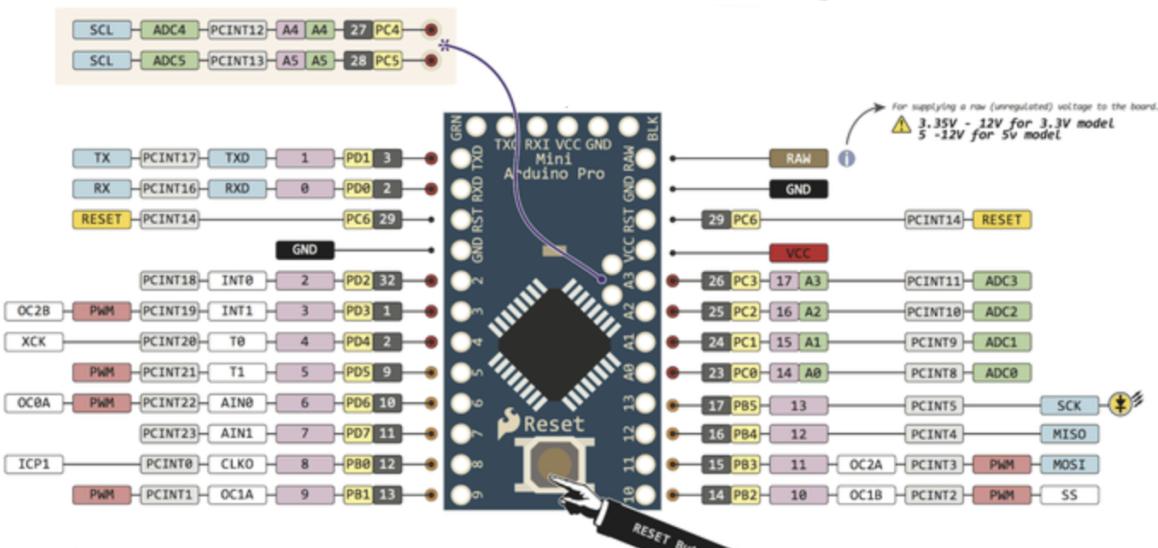


Рисунок 2 — Arduino Pro mini со схемой распиновки

Основа любого мобильного шасси - это двигатели. В данной сборке их два - на каждое колесо. Чтобы управлять направлением движения, необходимо менять полярность подключения к источнику питания. Чтобы управлять скоростью (и усилием) вращения, используется ШИМ-сигнал. Так как для двигателей необходимо высокое напряжение (7..8 В), большее, чем требует контроллер (3.3 В), а также большой ток, двигатели подключаются к так называемому драйверу электродвигателей. Он основан на Н-мосте, который позволяет менять полярность подключения, а также транзисторных

ключах, которые на основе ШИМ-сигнала малого напряжения модулируют рабочее напряжение. В данной сборке использован драйвер на базе микросхемы L298N, имеющий ровно два независимых канала. Представлен на рис.3.

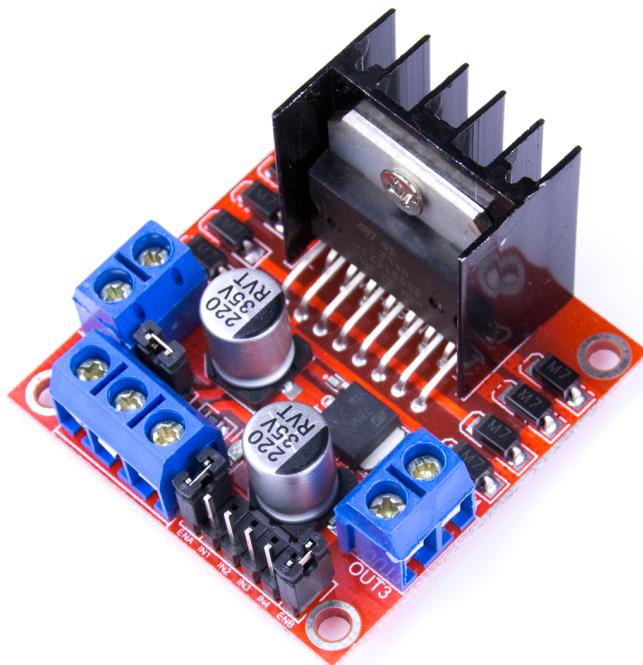


Рисунок 3 — Драйвер электродвигателей L298N

Для определения состояния шасси для обеспечения обратной связи необходимы датчики. Так как мы рассматриваем процесс движения, необходимо получать данные о пройденном пути, текущей скорости объекта (как линейной, так и угловой), ускорения.

Для контроля работы двигательной подсистемы будем использовать оптические тахометры. Принцип действия использованных оптических тахометров заключается в реакции на каждое прохождение препятствия между светодиодом и оптическим приемником. Зная момент прохождения и количество щелей в диске, можно довольно точно вычислять суммарный угол поворота колеса. Проводя численное дифференцирование, можно получать угловые скорости (и даже угловые ускорения) вращения каждого из колес. В итоге можно узнавать общую угловую (и линейную) теорети-

ческие скорость шасси, откуда компенсировать различия в параметрах (а следовательно, и в реальной скорости вращения) двигателей, обеспечивая прямолинейное движение. Приведён на рис.??fig:encoder).

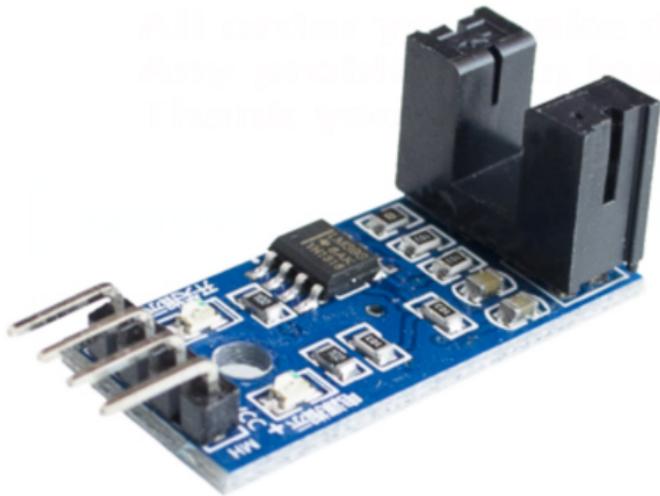


Рисунок 4 – Оптический тахометр (энкодер)

Теоретические скорости - хорошая вещь. Но она получается в предположении что колеса идеально сцепляются с поверхностью без проскальзывания, а шасси не подвергаются внешним воздействиям и не упирается в препятствия. Для получения данных о реальном состоянии движения используем связку гироскоп-акселерометр. Простейшие варианты поставляются в виде объединенной платы, которая отличается не только весьма удовлетворительной точностью, но и сверхнизкой стоимостью. Пример представлен на рис.5.

Дополнительно можно использовать электронный датчик магнитного поля. Вкупе модулем выше можно реализовать электронный компас, с помощью которого измерять абсолютный угол поворота робота. Однако он подвержен помехам от двигателей, а также довольно сложен в реализации, поэтому в данной версии не использовался. Выглядит очень схоже с платой гироскопа. Кроме того, в роботы такого типа также ставятся ультразвуковые/инфракрасные датчики расстояния или даже лидары. Однако в

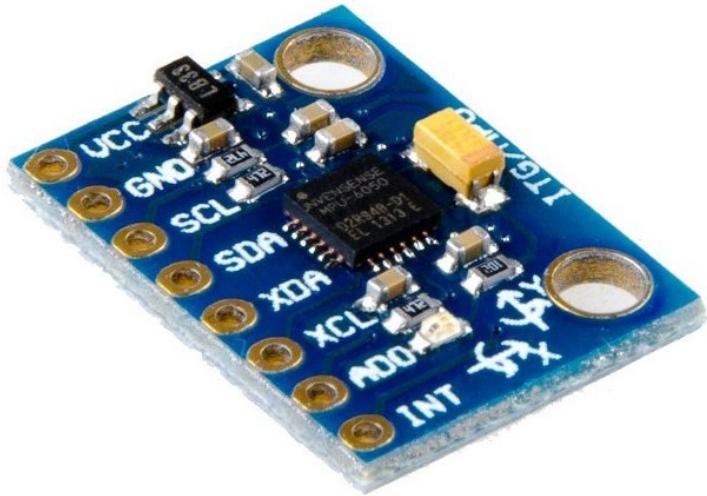


Рисунок 5 — Гироскоп-акселерометр GY-521 (MPU-6050)

данной работе ставится задача лишь контроля траектории шасси, поэтому эти устройства также не используются.

По заданию необходимо задавать роботу направление движения извне. Так как шасси подвижное, необходима беспроводная связь. Рассматривалось и тестировалось несколько вариантов. Сначала предполагалось использование передатчика nRF24l01, позволяющего держать связь до 50м на открытом пространстве. В этом случае команды не должны теряться в пределах помещения и доходить быстро и надежно. Однако цепочка шасси <-радио-> приемник <-USB-> терминал оказалась довольно сложной. Поэтому исходя из предположения небольших размеров помещения для тестирования шасси использован простой bluetooth-передатчик, держащий связь непосредственно с терминалом.

Терминал изначально предполагался физический. Однако имеющиеся джойстики не предполагали высокого качества и точности выдаваемого сигнала, поэтому эта идея была пропущена.

Дополнительно для схемы использовался понижающий преобразова-

тель напряжения для получения напряжения 5В для микроконтроллера и датчиков, Li-Ion батареи типоразмера 18650 и автономного вольтметра для визуального контроля состояния батарей.

Итоговый вариант сборки представлен на рис.

## Заключение