

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

(институт)

Кафедра «Промышленная электроника»

27.03.04 Управление в технических системах

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Системы и технические средства автоматизации и управления

(направленность (профиль))

БАКАЛАВАРСКАЯ РАБОТА

на тему Учебный стенд «Автоматизированный транспортно-складской комплекс»

Студент(ка)

Н.А. Щепочкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.Г. Токарев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Гольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники
(институт)
Кафедра «Промышленная электроника»

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой «Промышленная электроника»

А.А. Шевцов

(подпись) (И.О. Фамилия)

« ___ » _____ 2016г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент Щепочкин Никита Андреевич

1. Тема Учебный стенд «Автоматизированный транспортно-складской комплекс»
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы « ___ » _____ 2016г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:
минимальный перечень компонентов транспортно-складского комплекса
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

Введение

- 1) Обзор существующих решений построения транспортно-складских комплексов
- 2) Разработка СУ комплексом
- 3) Обзор и выбор датчиков СУ
- 4) Разработка структурной схемы стенда «Автоматизированный складской комплекс»
- 5) Разработка схемы электрической функциональной
- 6) Разработка печатной платы управления светодиодами

Заключение

Список использованных источников

Приложения

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

- 1) Изображение учебного стенда «Автоматизированный транспортно-складской комплекс»
1 лист А1
- 2) Структурная схема 1 лист А1
- 3) Схема электрическая функциональная 1 лист А1
- 4) Чертеж печатной платы управления светодиодами 1 лист А1
- 5) Обзор и выбор датчиков СУ 1 лист А1
- 6) Презентационный плакат «Автоматизированный транспортно-складской комплекс» 1 лист
А1

6. Консультанты по разделам -

7. Дата выдачи задания « ___ » _____ 2016г.

Руководитель бакалаврской
работы

Д.Г. Токарев

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

Н.А. Щепочкин

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Аннотация

В данной бакалаврской работе разработана электрическая часть учебного стенда "Автоматизированный транспортно-складской комплекс" на основании минимального перечня компонентов транспортно-складского комплекса, который используется как исходные данные. Была разработана система управления комплексом. Представлен обзор и выбор по параметрам датчиков системы управления и драйверов двигателей. Помимо этого разработана электрическая функциональная и структурная схемы комплекса, отражающие в себе основные элементы и электрические связи между. Кроме того, разработана печатная плата управления светодиодами. На базе этих материалов была собрана и протестирована модель учебного стенда "Автоматизированный транспортно-складской комплекс"

Бакалаврская работа выполнена на 69 страницах машинописного текста, и графическая часть в объеме 6 листов А1.

Содержание

Введение	4
1. Обзор существующих решений построения транспортно-складских комплексов	5
1.1 Автоматизированные комплексы "AutoSTORE"	5
1.2 Роботизированные складские комплексы компании Amazon	7
1.3 Автоматизированные транспортно-сортировочные решения на конструкторе "Lego Mindstorms EV3"	9
2. Разработка СУ комплексом	14
2.1 Выбор микроконтроллера	14
2.2 Выбор драйверов управления двигателями	19
3. Обзор и выбор датчиков СУ	
3.1 Обзор датчиков СУ	26
3.2. Выбор датчиков СУ	31
4. Разработка структурной схемы учебного стенда "Автоматизированный транспортной-складской комплекс"	41
5. Разработка схемы электрической функциональной	50
6. Разработка печатной платы управления светодиодами	63
Заключение	67
Список использованной литературы	68

Введение

За прошедшие 20 лет мир сделал огромный скачок в электронике и вычислительной технике. Наши вычислительные мощности увеличились многократно и позволили создавать сложные инженерные системы, а также контролировать их состояние через удаленный доступ. Благодаря увеличению производительности микрочипов и микроэлектроники в целом, стало возможно освобождение человека от участия в технических процессах или трудоемких операций на производствах. Такое направление научно-технического прогресса несет название «Автоматизация» и в настоящее время она проникла во многие сферы деятельности современного человека.

Для нас стало интересным направление автоматизации промышленных предприятий и транспортных потоков. Простор для фантазии огромный, это всевозможные подъемные механизмы и захваты, транспортные линии, сортирующие устройства, станки с системой числового программного управления, системы технического зрения, и еще много чего интересного.

Была поставлена задача, изготовить учебный стенд автоматизированного транспортно-складского комплекса, который будет включать в себя свойства и особенности полноценной автоматизированной системы.

1 Обзор существующих решений построения транспортно-складских комплексов

1.1 Автоматизированные комплексы “AutoSTORE”

В данное время, на мировом рынке представлено огромное многообразие автоматизированных транспортных и складских комплексов. Они отличаются как по масштабам хранения и транспортировки, так и по уровню технических средств автоматизации. Рассмотрим некоторые существующие решения построения транспортно-складских комплексов.

Компания FirstLogistik занимается поставкой, установкой и обслуживанием оборудования для автоматизации складских операций. Основной деятельностью компании являются автоматические складские комплексы “AutoSTORE”.

Для таких складских систем характерны следующие качества:

- высокая плотность складирования;
- высокая пропускная способность;
- высокая эффективность при эксплуатации.

Автоматические складские системы способны самостоятельно справляться с рядом задач, для выполнения которых обычно требуется целый штат сотрудников.

Комплексы состоят из двух частей: подъемные краны-штабелеры и складские стеллажи.

Одна из моделей крана-штабелера “AutoSTORE” представлена на рисунке 1.1.

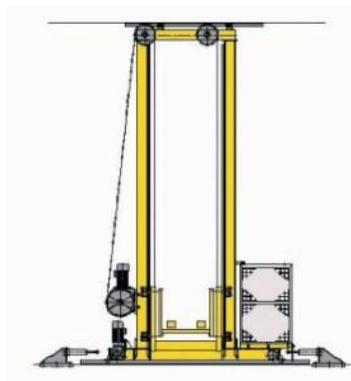


Рисунок 1.1 □ Двухколонный кран-штабелер “AUTOSTORE-DC”

Особенностями кранов-штабелеров “AutoSTORE” являются операционная система управления и отсутствие кабельных соединений между движущимися машинами и контрольным блоком управления.

Пример складского стеллажа “AutoSTORE” представлен на рисунке 1.2.

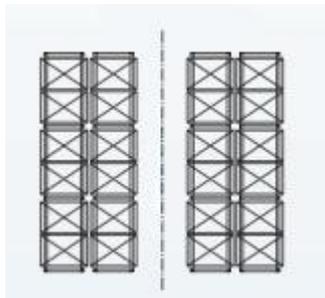


Рисунок 1.2 □ Фронтальные стеллажи двойной глубины

Сочетания складских стеллажей и кранов-штабелеров в складском хозяйстве позволяет оптимизировать производственно-логистические процессы и ускорить погрузку и выгрузку товара.

Автоматический склад "AutoSTORE" может осуществлять комплектацию заказа в соответствии с заданным списком и выгружать изделия полностью в автоматическом режиме и в нужном порядке.

Кроме того, для эффективного управления складом рекомендуется внедрить систему "WMS", которая представлена на рисунке.1.3.



Рисунок 1.3 □ Система управления складом "WMS"

Основная ее цель – это контроль помещения и хранения материалов в пределах склада.

В задачи системы входит:

- 1) контроль движения и хранения материалов в пределах склада;
- 2) увеличение скорости набора товара;
- 3) владение точной информацией о месте нахождения каждой единицы продукции, управление массивом груза, имеющим ограниченные сроки годности;
- 4) повышение эффективности обработки товара на складе;
- 5) оптимизация использования складских площадей.

С помощью системы управления складом WMS можно в реальном времени наблюдать за работой предприятия, а также корректировать работу техники и персонала.

1.2 Роботизированные складские комплексы компании Amazon

До недавнего времени, сборка заказа на складах интернет-магазина Amazon осуществлялась вручную. Сотрудник на складе получал заказ, после этого, начинал объезжать складской комплекс, собирая нужные товары, и как только заказ был полностью сформирован, отправлял посылку на отгрузочный конвейер. При таком ручном сборе заказа, уходило большое количество времени. Новые роботизированные системы Kiva, позволили уменьшить время подготовки заказа в четыре раза. Роботизированная система Kiva, изображена на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 □ Роботизированная система Kiva

Kiva работает следующим образом: после получения и обработки электронной системой заказа, автономный робот-погрузчик подъезжает под нужный

стеллаж, выдвигается домкрат и стеллаж поднимается. Далее робот едет к сотруднику и лазером подсвечивает расположение нужного товара на полке. Рабочему склада нужно всего лишь сверить комплектацию, сложить все что требуется в лоток и отправить на доставку.

Для навигации автономных роботов-погрузчиков используется QR-разметка, которая нанесенная на полу складского помещения. QR код представляет собой двухмерное изображение с закодированной информацией, пример такого кода изображен на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 – QR код

Считывая данную информацию, робот определяет свое местоположение. Также по периметру корпуса робота имеются датчики, позволяющие ему избегать столкновения с препятствиями или другими роботами. Кроме того, частью роботизированного комплекса Киваявляются системы разгрузки-погрузки грузовых трейлеров. Основой данной системы являются роботизированные манипуляторы, представленные на рисунке 1.6. Они позволяют многократно ускорить разгрузку и сортировку поступившего товара.



Рисунок 1.6 – Роботизированный манипулятор

Данные внедрения позволили компании Amazon существенно снизить время на обработку и доставку заказов до конечного покупателя. Работу, которую раньше выполняли часами, теперь делают роботы за считанные минуты.

1.3 Автоматизированные транспортно-сортировочные решения на конструкторе "LegoMindstorms EV3"

Современные системы автоматизации обычно представляют высокие требования к квалификации инженеров. Простому человеку, без глубинных знаний в электронике и программировании, сложно обслуживать, а тем более самим создавать такие автоматизированные системы.

Эту ситуацию решили изменить в компании "Lego", они создали простой, но интересный конструктор, в котором есть двигатели, датчики и система управления. На основе "LegoMindstorms EV3" любой человек, даже без специального технического образования, способен собрать робота или автоматизированную линию сортировки.

Рассмотрим из чего состоит конструктор "LegoMindstorms EV3".

Главным органом управления в конструкторе "LegoMindstorms EV3" является программируемый блок управления, который изображен на рисунке 1.7.



Рисунок 1.7 – программируемый блок управления "LegoMindstorms EV3"

Технические характеристики блока управления LEGO EV3:

- 1) процессор — ARM9;
- 2) FLASH память — 16 Мб;
- 3) оперативная память — 64 Мб;
- 4) операционная система — Linux;
- 5) слот расширения SD;
- 6) USB 2.0;
- 7) bluetooth 2.1;
- 8) 4 порта на вход и 3 порта на выход;
- 9) динамик.

Блок управления контролирует различные датчики и сервоприводы, входящие в состав конструктора, он изображен на рисунке 1.8.



Рисунок 1.8 – Компоненты конструктора "LegoMindstorms EV3"

На рисунке 1.8, сверху, изображены два сервомотора. Снизу: сенсорная кнопка, цветовой датчик, ультразвуковой датчик расстояния, гироскоп-акселерометр, инфракрасный маячок. С помощью датчиков блок управления получает информацию об окружающем пространстве, и в зависимости от программы, управляет сервоприводами.

В комплекте также присутствуют 594 стандартных блоков Lego-Technics, позволяющие быстро и без труда собрать робота или механизм любой формы и сложности рисунке. Стандартные блоки Lego-Technics представлены на рисунке 1.9.



Рисунок 1.9 □ Стандартные блоки Lego-Technics

Программирование блока управления осуществляется при помощи специальной графической программы, которая изображена на рисунке 1.10.

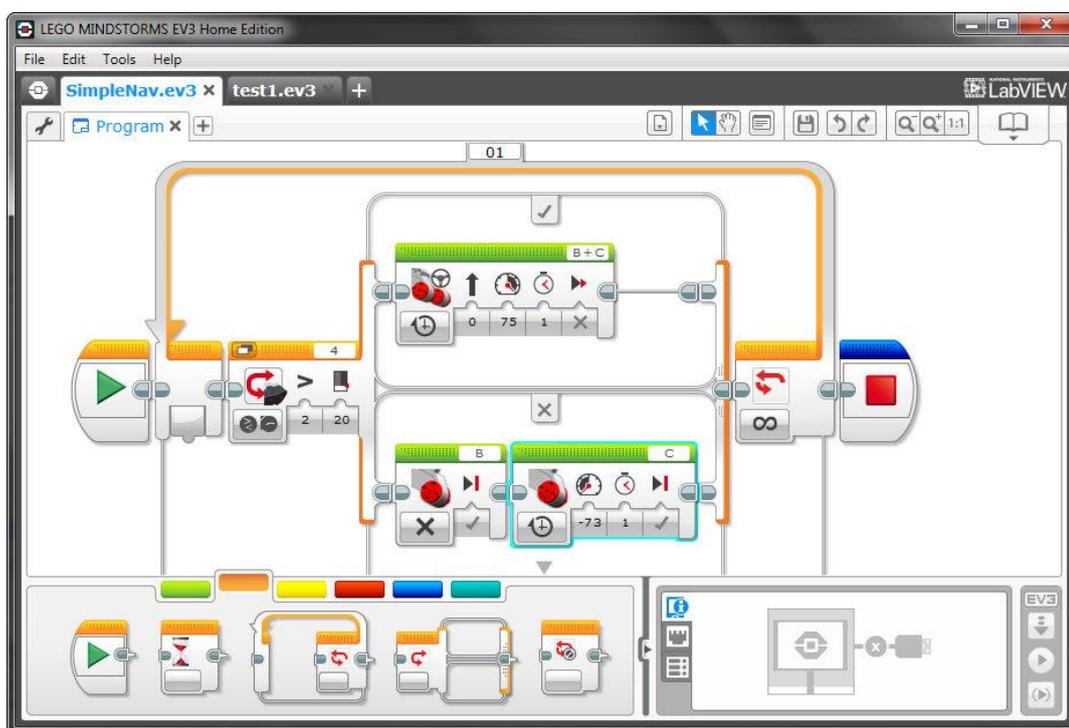


Рисунок 1.10 – Графическая оболочка программы "LegoMindstorms EV3"

Эта программа позволяет обучать азам алгоритмизации и программирования даже детей. Используя нарисованные блоки и расставляя их в нужном порядке,

можно сформировать алгоритм работы робота или иного механизма. Далее программа сама скомпилирует код и загрузит его в блок управления.

По всему миру, с помощью конструктора "LegoMindstorms EV3" дети и взрослые создают интересные проекты. В качестве примера, можно привести конвейер с сортировкой кубиков по цвету, изображенный на рисунке 1.11.

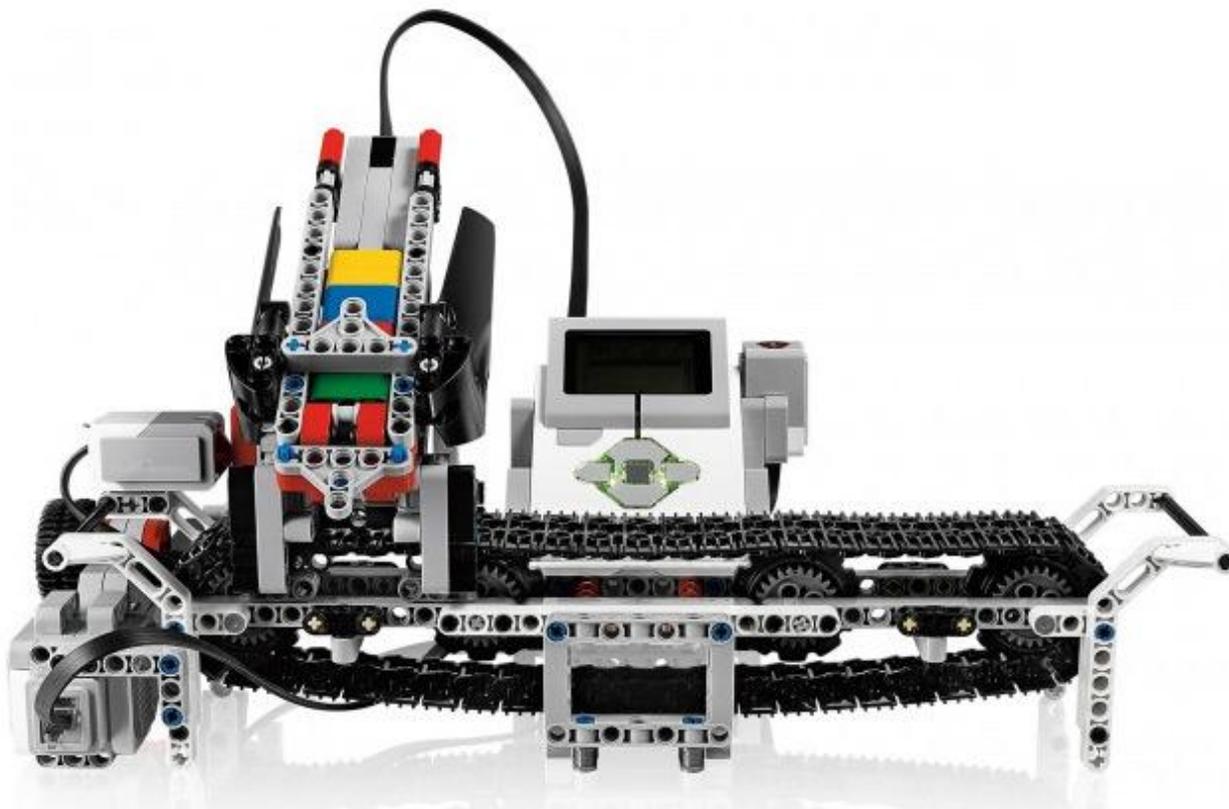


Рисунок 1.11 – Конвейер с сортировкой кубиков по цвету

Конструктор LegoMindstorms EV3 открывает большие возможности для людей, не обладающих специальными техническими знаниями, но которые очень хотят заниматься робототехникой и автоматизацией. По всему миру, школьники и студенты ежегодно показывают свои проекты на выставках, а также участвуют в чемпионатах роботов сделанных из LegoMindstorms EV3. Действительно, с таким интересным конструктором и легкой системой программирования блока управления, многие дети начали увлекаться робототехникой.

2 Разработка СУ комплексом

2.1 Выбор микроконтроллера

В нашем проекте системе управления необходимо контролировать различные исполняющие механизмы, а также датчики обратной связи для отслеживания актуальной информации о происходящих процессах. В связи с этим, для обработки информации и управлением комплексом, было решено взять готовую аппаратную платформу ArduinoMega2560 на базе микроконтроллера ATmega2560, изображенную на рисунке 2.1.

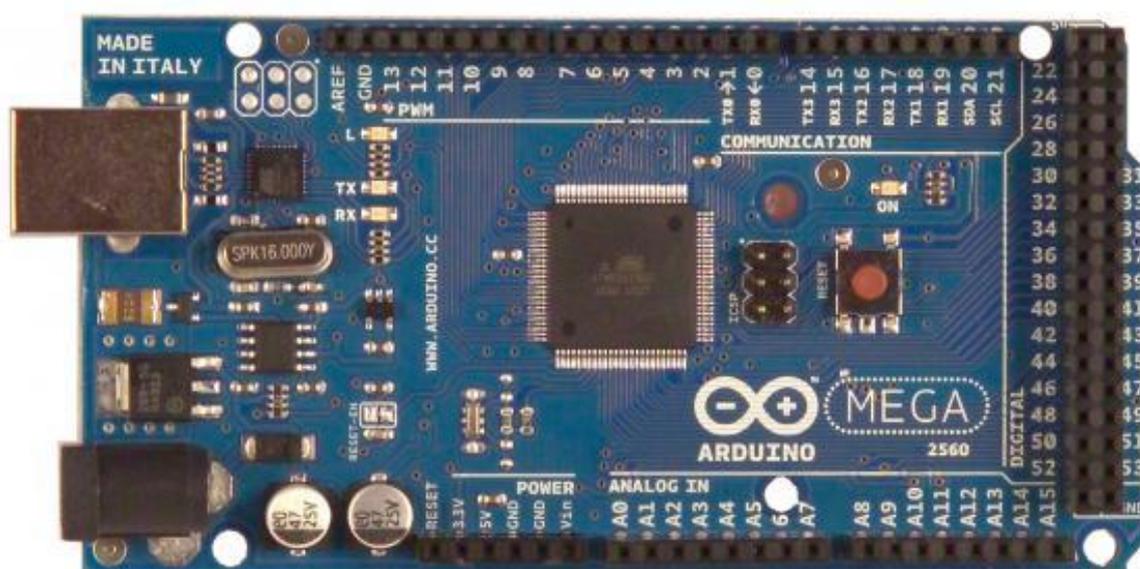


Рисунок 2.1 –Arduinomega2560

Данная платформа идеально подходит для нашего комплекса по своим параметрам и показателям надежности. Рассмотрим некоторые из них.

Плата Arduinomegasодержит:

- 54 цифровых входа/выходов, причем;
- 16 аналоговых входов;
- 4 последовательных порта UART;
- кварцевый резонатор 16 МГц;

- USB коннектор;
- разъем питания;
- разъем ICSP;
- кнопка перезагрузки.

В рассматриваемом комплексе задействованы 23 управляющих выводов платы Arduino, по ним поступают команды с контроллера, а так же данные с датчиков обратной связи.

Таблица 2.1 – Используемые выводы

№	Устройство	Вывод
1	Двигатель транспортной ленты	4
2	Скользящий контакт	6
3	Сервопривод (захват)	7
4	Оптическая пара	11
5	Шаговый двигатель (барабан-склад) pin1	24
6	Шаговый двигатель (барабан-склад) pin3	26
7	Шаговый двигатель (барабан-склад) pin2	28
8	Шаговый двигатель (барабан-склад) pin4	30
9	Шаговый двигатель (манипулятор) input4	34
10	Шаговый двигатель (манипулятор) input2	36
11	Шаговый двигатель (манипулятор) input3	38
12	Шаговый двигатель (манипулятор) input1	40
13	Шаговый двигатель (подъем/опускание захвата) pin1	42
14	Шаговый двигатель (подъем/опускание захвата) pin2	44
15	Шаговый двигатель (подъем/опускание захвата) pin3	46
16	Шаговый двигатель (подъем/опускание захвата) pin4	48
17	Датчик цвета s1	A1
18	Датчик цвета s2	A2

Продолжение таблицы 2.1

№	Устройство	Вывод
19	Датчик цвета s3	A3
20	Датчик цвета s0	A4
21	Датчик цвета out	A5
22	ЖК дисплейSCL	21
23	ЖК дисплейSDA	20

Таблица 2.2 – Краткие характеристики ArduinoMega 2560

Микроконтроллер	ATmega2560
Рабочее напряжение	5В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12В
Входное напряжение (предельное)	6-20В
Цифровые Входы/Выходы	54
Аналоговые входы	16
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Постоянный ток для выхода 3.3 В	50 мА
Флеш-память	256 кб
ОЗУ	8 кб
Энергозависимая память	4 кб
Тактовая частота	16 МГц

Далее рассмотрим питание платы Arduino.

Платформа ArduinoMega 2560 может получать питание как от внешнего источника питания или батареи, так и через подключение по USB. Внешний источник питания должен выдавать напряжение от 6 В до 20 В, именно в таком диапазоне работает плата. Но следует заметить, если напряжение выше 12 В то регулятор напряжения начинает греться и может даже повредить плату, поэтому рекомендуемый диапазон от 7 В до 12 В.

Выводы питания.

- VIN. На вход VIN можно подавать питание от внешнего источника.
- 5V. Данный вывод используется для питания компонентов на плате и микроконтроллера.
- 3V3. Напряжение на выводе 3.3 В генерируемое микросхемой FTDI на платформе.
- GND. Выводы заземления.

Рассмотрим входы и выходы платформы ArduinoMega.

ArduinoMega включает в себя 54 цифровых выводов, и применяя функции `pinMode()`, `digitalWrite()`, и `digitalRead()`, любой из этих выводов можно настроить как вход или выход.

Плата также содержит 16 аналоговых входов, каждый имеет разрешение 10 бит и может принимать 1024 разнообразных значений

Есть такие выводы, которые содержат в себе специальные функции:

- Шина последовательного порта.

Шина последовательного порта 0: 0 (RX) и 1 (TX);

Шина последовательного порта 1: 19 (RX) и 18 (TX);

Шина последовательного порта 2: 17 (RX) и 16 (TX);

Шина последовательного порта 3: 15 (RX) и 14 (TX).

Выводы применяются для получения (RX) и передачи (TX) информации по последовательному порту TTL.

- Внешнее прерывание: 2 (прерывание 0), 3 (прерывание 1), 18 (прерывание 5), 19 (прерывание 4), 20 (прерывание 3), и 21 (прерывание 2).

Перечисленные выводы могут быть настроены на вызов прерывания несколькими способами: при изменении значения, по переднему или заднему фронту, по младшему значению.

- PWM: 2 до 13 и 44-46. Каждый из данных выводов дает возможность использовать широтно-импульсную модуляцию с разрешением 8 бит, для этого нужно задействовать функцию `analogWrite()`.

- SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). SPI – (SerialPeripheralInterface) если переводить дословно то «последовательный

периферийный интерфейс", данный синхронный протокол передачи данных позволяет осуществить связь между ведущим и периферийным устройством, используя библиотеку SPI.

- LED: 13. К цифровому выводу 13 подключён светодиод .

- I2C: 20 (SDA) и 21 (SCL). Используя данные выводы, можно реализовать связь I2C (TWI) для этого применяется библиотека Wire.

Ко всему перечисленному стоит добавить что платформа имеет пару вспомогательных выводов:

- AREF. Это опорное напряжение для аналоговых входов, его значение является эталонным и с ним микроконтроллер сравнивает все другие напряжения. Используя функцию `analogReference()`, можно изменять значение опорного напряжения.

- Reset. Вывод перезагрузки. Микроконтроллер перезагрузится, если на данном выводе появится низкий уровень сигнала. Хотя кнопка `reset` уже имеется на платах Arduino и позволяет перегружать контроллер, данный вывод логично применять при использовании плат расширения, которые в свою очередь закрывают доступ к кнопке `reset`.

Связь с персональным компьютером и другими микроконтроллерами.

На ArduinoMega2560 имеется четыре порта последовательной передачи данных UART для TTL. Микросхема ATmega8U2 посылает один из UART интерфейсов по USB, тем самым создавая виртуальный COM порт для программ на компьютере. Через данный COM порт осуществляется загрузка кода программы в микроконтроллер.

SerialMonitor – монитор последовательного порта. Позволяет получать и принимать текстовые данные с компьютера при подключении к плате.

Токовая защита разъема USB

Платформа ArduinoMega2560 имеет перезагружаемый предохранитель, он нужен для того, чтобы защитить порт USB компьютера от токов короткого замыкания. Предохранитель автоматически прервет передачу данных при прохождении через USB тока более 500 мА.

2.2 Выбор драйверов управления двигателями

Платы Arduino не способны выдавать большие токи, которые нужны для питания мощных потребителей энергии, например электродвигателей. По этой причине, необходимо использовать специальные драйверы с силовыми ключами и микросхемой управления.

В качестве такого драйвера для управления тремя шаговыми униполярными двигателями, входящими в состав комплекса, было решено взять готовые модули на микросхемах L298N, которые изображены на рисунке 2.2.

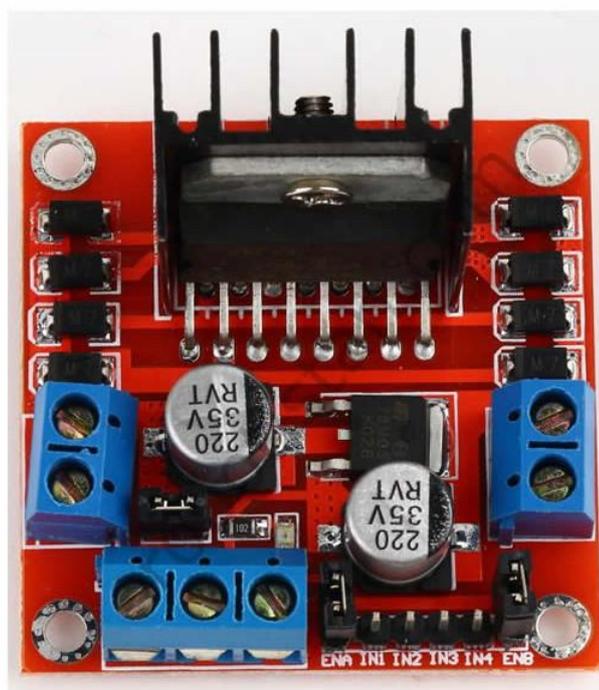


Рисунок 2.2 – Драйвер двигателей на микросхеме L298N

Микросхема L298N является двойным мостовым драйвером для управления двунаправленными нагрузками.

Технические характеристики L298N.

- Максимальное напряжение питания силовой части (VS) – 50 В.
- Максимальное напряжение питания управляющей схемы (VSS) – 7 В.
- Максимальный постоянный выходной ток – 2 А.
- Максимальный импульсный выходной ток – 3 А.

- Максимальная рассеиваемая мощность – 25 Вт.
- Диапазон рабочих температур – от -25 до +130 °С.

Как видно из характеристик L298N, данный драйвер подходит для управления, установленными в комплексе, шаговыми двигателями. Максимального выходного тока в 2 А хватает с запасом, так как потребляемый ток двигателей меньше 2 А. Напряжения питания силовой и управляющей части схемы также соответствует уже имеющимся в комплексе напряжениям. Микросхема L298N имеет встроенную защиту от перегрева. Выходы микросхемы отключаются при нагреве до температуры около +70°С.

Рассмотрим управляющие выводы платы драйвера, которые изображены на рисунке 2.3.

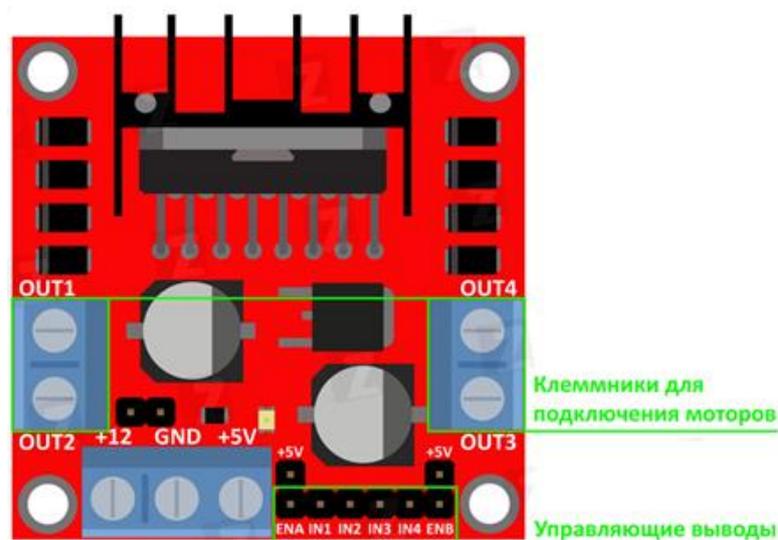


Рисунок 2.3 – Управляющие выводы драйвера L298N

Выводы IN1, IN2, IN3, IN4 являются входами управления двигателями. По данным выводам идет управляющий сигнал от микроконтроллера Arduino. Чередование высоких и низких логических уровней сигнала задает направление вращения двигателей.

OUT1, OUT2 – выход подключения первого двигателя.

OUT3, OUT4 – выход подключения второго двигателя.

В случае подключения к данной плате униполярного шагового двигателя, задействуются все выходы OUT.

Выводы ENABLEA (привязан к IN1, IN2) и ENABLEB (привязан к IN3, IN4) отвечают за раздельное управление каналами. Можно подключить данные выводы к управляющим выводам микроконтроллера, и в таком случае, высокий логический уровень будет разрешать вращение моторов, а низкий уровень запрещать, причем в независимости от состояния сигналов на выводах IN1-IN4. Если подключить выводы ENABLE к выводам ШИМ регулирования на микроконтроллере, то можно задавать скорости вращения двигателей.

Если раздельное управление каналами и ШИМ регулирование не требуется, то можно присоединить выводы ENABLE к высокому уровню сигнала +5 В. Для этого на плате установлены джамперы, которыми можно замкнуть вывода. В таком случае, на входы ENABLE будет постоянно подаваться высокий уровень сигнала, разрешающий вращение двигателей

Питание платы и работа стабилизатора.

На модуле драйвера L298N установлен интегральный стабилизатор напряжения 78M05. Данный стабилизатор имеет входной напряжение питания от 7,5 В до 35 В, а выходное 5 В. Так же на модуле имеется джампер, который замыкает контакты +12 В и GND, и тем самым включает в работу стабилизатор.

Рассмотрим два случая, когда используется стабилизатор, и когда нет.

1) Случай, когда джампер замыкает контакты +12 В и GND изображен на рисунке 2.4.

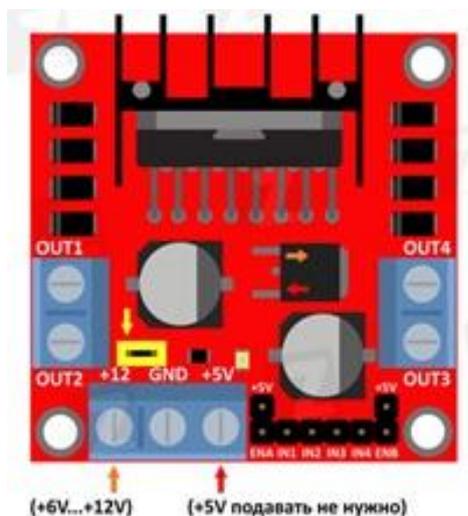


Рисунок 2.4 – Джампер замыкает контакты +12 В и GND

В данном случае, при подаче питания на разъем +12 В, питание идет на двигатели, и одновременно с этим, на стабилизатор, который выдает +5 В для питания логической части драйвера.

2)Случай если джампер снят, и не замыкает контакты +12 В и GND изображен на рисунке 2.5.

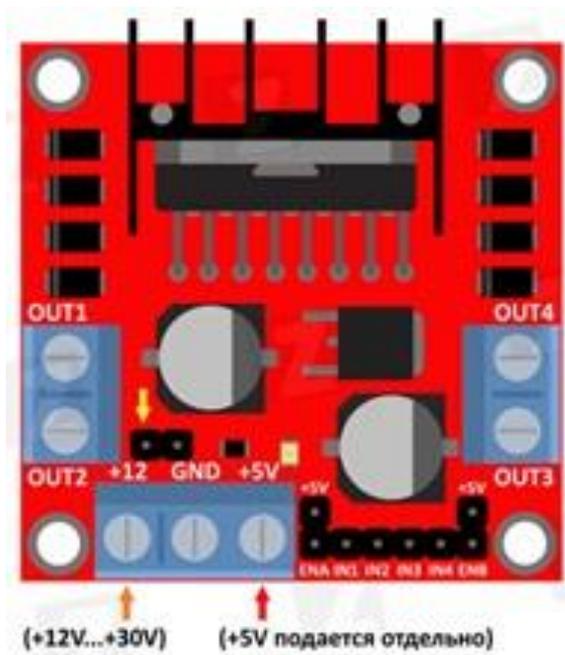


Рисунок 2.5 –Джампер не замыкает контакты +12 В и GND

При снятом джампере, питание не поступает на стабилизатор и необходимо подать напряжение +5 В на разъем +5V для работы микросхемы L298N. Для питания мотора, подаем нужное напряжение в пределах +12 В...+30 В, и данное напряжение поступает на обмотки двигателя.

В рассматриваемом комплексе, используется три модуля драйвера L298N, каждый из них управляет одним униполярным шаговым двигателем. Все шаговые двигатели подключены к драйверу по одинаковой схеме изображенной на рисунке 2.6.

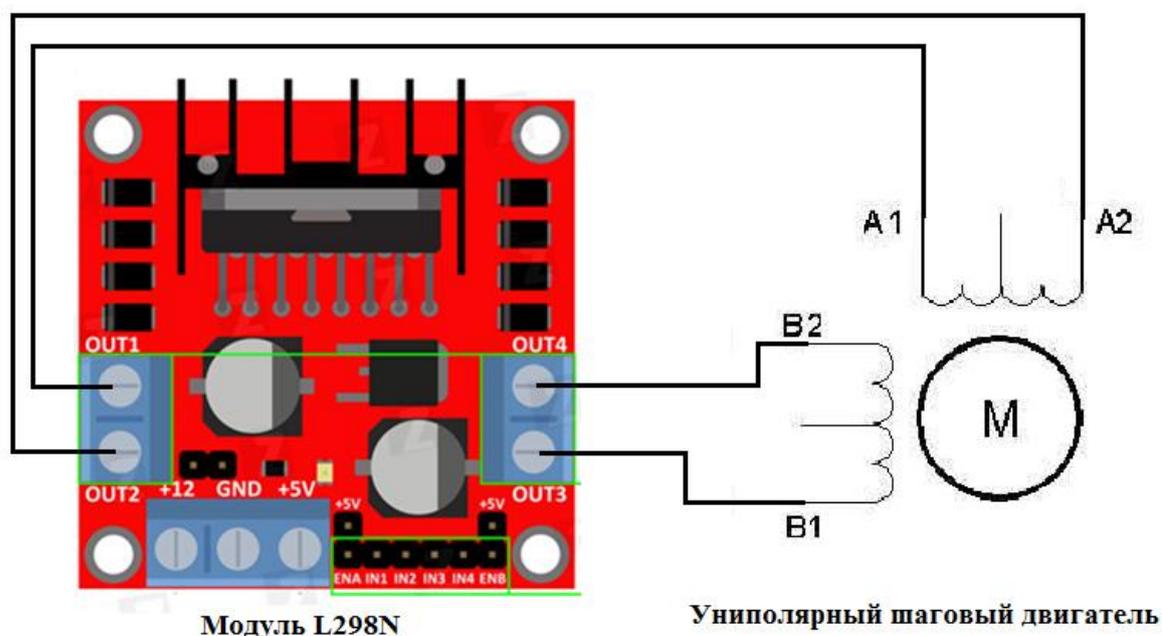


Рисунок 2.6 – Схема подключения униполярного шагового двигателя к модулю L298N

Как видно на схеме, средние провода обмоток А и В никуда не подключены. По стандартной схеме подключения униполярного шагового двигателя, данные выводы следует подключать к заземлению, это обеспечит большую скорость вращения, но меньший крутящий момент. В модулях комплекса, где задействованы шаговые двигатели, нам было важно сохранить именно силу крутящего момента. В связи с этим, все униполярные шаговые двигатели было решено подключать по схеме биполярного двигателя, не задействовав выводы полуобмоток.

После практических испытаний модулей L298N, было обнаружено, что при длительной непрерывной работе комплекса, микросхема L298N сильно нагревается. Для предотвращения возможной поломки драйвера, на каждый модуль L298N был установлен охлаждающий вентилятор, который помог более эффективно отводить тепло от микросхемы.

Далее рассмотрим управление коллекторным электродвигателем постоянного тока GM37B-520.

Управление данным двигателем сводится к простой задаче включения и отключения подачи питания. Регулировать скорость и направление вращения не

требуется. Для такой простой функции не целесообразно использовать специальные драйвера управления двигателями, это лишь усложнит общую схему. Было решено использовать транзисторный ключ MOSFET4 на силовых транзисторах IRF540N изображенный на рисунке 2.7.

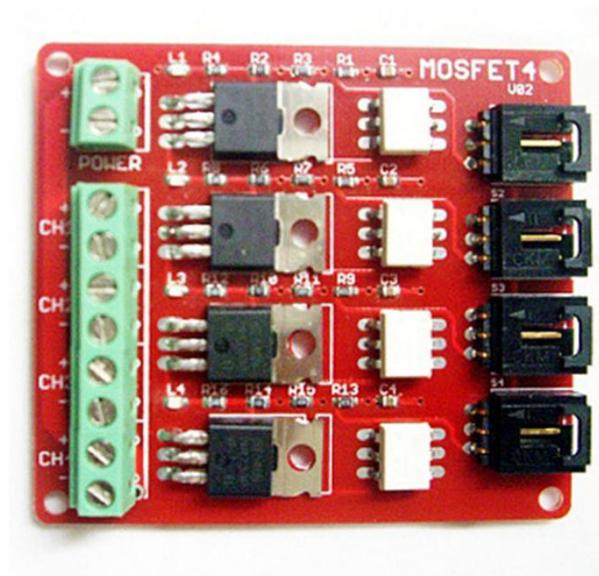


Рисунок 2.7– Транзисторный ключ MOSFET4

Модуль содержит в себе четыре N-канальных МОП-транзистора IRF540N с обратными диодами для работы в ключевом режиме. Для того чтобы управлять одним из них, нужно подключить вывод “S” к цифровому выводу ArduinoMega2560. Высокий уровень сигнала, поступающий на вход “S”, открывает транзистор IRF540N. Транзисторы коммутируют силовые входы “POWER” и выводы “CH1-CH4”.

Характеристики транзистора IRF540N.

- Напряжение пробоя сток-исток: 100 В.
- Максимальное напряжение затвора: 20 В.
- Сопротивление в открытом состоянии: 44 мОм.
- Ток стока: 33 А.
- Заряд затвора: 47,3 нКл.
- Термосопротивление: 1.1 К/Вт.
- Рассеиваемая мощность 140 Вт.

Как видно из характеристик, с помощью транзистора IRF540N можно коммутировать напряжение 100 В., но так как на модуле MOSFET4 не установлены радиаторы охлаждения, при такой нагрузке транзистор перегреется и рано или поздно выйдет из строя.

Данный транзисторный ключ включает или отключает коллекторный двигатель постоянного тока, который приводит в движение транспортную ленту.

3 Обзор и выбор датчиков СУ

3.1 Обзор датчиков СУ

В любой электронной системе автоматического управления имеются датчики обратной связи. Они преобразуют неэлектрические воздействия в электрические сигналы и обеспечивают точное и согласованное взаимодействие системы управления с рабочими и исполнительными органами комплекса. Обычно, датчики обратной связи состоят из воспринимающего чувствительного элемента и одного или нескольких промежуточных преобразователей.

Существуют различные типы датчиков обратной связи, выбор того или иного типа датчика обусловлен особенностями его применения в конкретной системе управления.

Имеется несколько основных показателей датчиков обратной связи:

1) Чувствительность датчика – коэффициент передачи, показывает отношение приращения выходной величины к приращению входной величины.

2) Погрешность датчика – точность выполняемых преобразований и изменение величины выходного сигнала, при перемене внутренних свойств датчика или внешних условий его работы.

3) Инерционность датчика – время, за которое выходная величина принимает значения, соответствующее входной величине.

Рассмотрим классификацию датчиков.

В зависимости от измеряемой (входной) величины различают следующие типы датчиков:

- датчики линейных и угловых механических перемещений;
- электрические;
- расходомеры;
- датчики скорости;
- датчики ускорения;
- датчики усилия;

- датчики температуры;
- датчики давления.

По виду выходной величины различают:

- неэлектрические датчики;
- электрические датчики, такие как датчики постоянного тока, амплитуды переменного тока, частоты переменного тока, датчики сопротивления и др.

Неэлектрические датчики в настоящее время почти не используются, это обуславливается вескими достоинствами электрических измерений: электрические сигналы удобно передавать на большие расстояния, они универсальны и могут быть преобразованы в другие виды величин, электрические сигналы точно преобразуются в цифровой код, позволяя увеличить точность и быстродействие системы.

Различают три больших класса датчиков.

- Аналоговые датчики, они вырабатывают аналоговый сигнал, пропорциональный входной величине.
- Цифровые датчики, генерируют последовательность импульсов или двоичный код.
- Бинарные, иногда их называют двоичные, датчики, они вырабатывают сигналы только двух уровней: высокий или низкий.

Рассмотрим различные типы датчиков.

1) Параметрические датчики. Датчики такого типа преобразуют входную величину в изменение внутреннего электрического параметра датчика. При разработке параметрических датчиков учитывают ряд физических эффектов (Таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Физические эффекты, используемые в параметрических датчиках

Измеряемая величина	Изменяющийся параметр	Материалы
Температура	Сопротивления	Металлы, полупроводники
Сверхнизкие температуры	Диэлектрическая проницаемость	Стекло, керамика
Поток оптического излучения	Сопротивление	Полупроводники
Деформация	Сопротивление	Сплавы никеля, легированный кремний
Перемещение	Магнитная проницаемость, сопротивление	Ферромагнитные сплавы, магниторезистивные металлы: висмут, антимонид индия
Влажность	Сопротивление, диэлектрическая проницаемость	Хлористый литий, окись алюминия, полимеры
Уровень	Диэлектрическая проницаемость	Жидкие изоляционные материалы.

2) Контактные датчики. Эти датчики преобразуют перемещение первичного элемента в скачкообразное изменение сопротивления электрической цепи. К таким типам датчиков относятся путевые и концевые переключатели изображенные на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Концевой переключатель

Недостатком контактных датчиков является ограниченный срок службы механических контактов.

3) Реостатные датчики представляют собой резистор с изменяющимся активным сопротивлением, пример реостатного датчика изображен на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Реостатный датчик

Подвижный контакт механически связан с объектом, перемещение которого требуется преобразовать. Входной величиной является перемещение подвижного механического контакта. Выходной – пропорциональное изменение сопротивления датчика.

4) Тензометрические датчики. Они используются для измерения механических напряжений, малых деформаций, вибраций. Действие тензометрических датчиков основано на тензоэффекте, который заключается в изменении активного сопротивления проводниковых и полупроводниковых

материалов под воздействием приложенных к ним усилий. Примером тензометрического датчика служит датчик веса изображенный на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3 – Тензометрический датчик веса

Давление, которое воздействует на датчик, приводит к изменению его внутреннего активного сопротивления, которое позволяет определить уровень силы нажатия на датчик.

5) Термометрические датчики. Принцип действия терморезисторов основан на изменении электрического сопротивления проводника в зависимости от температуры. Материал, из которого изготавливается термометрический датчик, должен обладать высоким температурным коэффициентом сопротивления, инертностью к воздействиям окружающей среды, хорошей воспроизводимостью свойств.

6) Индуктивные датчики. В таких датчиках линейное или угловое перемещение преобразуется в изменение индуктивности датчика. Принцип действия основан на измерении индуктивности обмотки на магнитопроводе в зависимости от положения отдельных элементов магнитопровода, например якоря или сердечника. Индуктивный датчик реагирует на все токопроводящие материалы и обычно служит для бесконтактного получения информации о перемещении рабочего органа или иного механизма.

7) Фотоэлектрические датчики. Такой тип датчиков регистрирует изменение светового потока в контролируемой области. Оптический датчик может использоваться для обнаружения положения в пространстве исполнительных

органов, а также фиксировать отсутствие или присутствие объекта. Оптический бесконтактный датчик состоит из двух функциональных узлов, приемника и излучателя. В зависимости от расположения этих узлов, существуют разные методы обнаружения объекта:

— Пересечение луча. В данном методе, передатчик и приемник расположены напротив друг друга. Передатчик постоянно посылает луч, который попадает на приемник, и если сигнал перекрывается объектом и перестает поступать, то приёмник немедленно реагирует на это.

— Отражение от рефлектора. В данном методе, передатчик и приемник располагаются в одном корпусе. Напротив датчика расположен отражатель. Посылаемый передатчиком световой сигнал, отражаясь от рефлектора, попадает в приемник датчика. Если световой сигнал прекращается, приемник немедленно реагирует, меняя состояние выхода.

— Отражение от объекта. В данном методе, все объекты в рабочем поле обнаружения датчика являются рефлекторами. Как только световой луч, отразившись от объекта, попадает на приемник датчика, тот немедленно реагирует, меняя состояние выхода.

Кроме вышперечисленных, существует огромное количество различных типов других датчиков, описание которых, сопоставимо с объемом бакалаврской работы.

3.2 Выбор датчиков СУ

3.2.1 Датчик цвета на микросхеме TCS3200

Данный модуль включает в себя микросхему TCS3200, которая расположена в центре платы, ограничивающие ток резисторы, необходимые конденсаторы, кроме того, на плате имеется подсветка из четырех белых светодиодов. Модуль датчика цвета TCS3200 изображен на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 – Модуль датчика цвета TCS3200

Характеристики датчика.

- Напряжение питания: от 2,7 В до 5,5 В.
- Высокий входной уровень сигнала: от 2 В до напряжения питания.
- Низкий входной уровень сигнала: от 0 В до 0,8 В.
- Температура использования: от -40 до 70 градусов по Цельсию.
- Ток потребления: от 1,4 до 2 мА.

Модуль подключается к Arduino по пяти выводам, S0-S3 и OUT коммутируется с аналоговыми выводами A1-A5. VCC и GND – выводы питания. LED служит для включения подсветки, в нашем случае подсветка соединена с VCC и работает постоянно.

Рассмотрим более подробно микросхему TCS3200, которая представлена на рисунке 3.5.

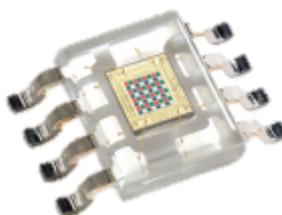


Рисунок 3.5 – Микросхема TCS3200

Внутри прозрачного корпуса находится фотодиодная матрица размером 8 на 8. Всего получается 64 фотодиода, 16 из них обладают красным светофильтром, еще

16 зеленым, 16 синим и 16 без фильтра. С помощью них, можно измерять уровень или интенсивность каждого из трех основных цветов палитры.

Микросхема расположена в корпусе SOIC-8, и имеет 8 выводов, распиновка выводов микросхемы представлена на рисунке 3.6.

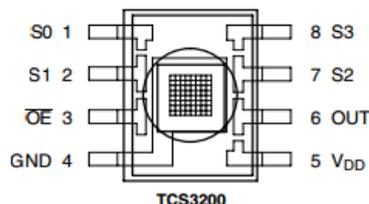


Рисунок 3.6 – Распиновка выводов микросхемы TCS3200

- Выводы 4 и 5 – питание микросхемы.
- Вывод 3 – используется для включения датчика.
- Вывод 6 – выход для измерения частоты, преобразованной из интенсивности цвета.
- Выводы 1,2,7,8 – определяют режим работы датчика.

В зависимости от сочетания высоких и низких сигналов на выводах S0 и S1, определяется шкала частоты.

Два вывода дают четыре комбинации режимов:

- 0 - отключить выход частоты;
- 1 - шкала 2% от 600 кГц максимальной возможной частоты;
- 2 - шкала 20% от 600 кГц максимальной возможной частоты;
- 3 - шкала 100% от 600 кГц максимальной возможной частоты.

Таблица 3.1 – Зависимость шкалы частоты от логических уровней сигналов на выводах S0 и S1

S0	S1	Шкала частоты
0	0	Выход частоты отключен
0	1	2%
1	0	20%
1	1	100%

Для определения режима измерения цвета используются выводы S2 и S3.

Сочетания сигналов на них, также дают четыре режима работы:

0 – используются фотодиоды с красным фильтром;

1 – используются фотодиоды с синим фильтром;

2 – используются фотодиоды без фильтра;

3 – используются фотодиоды с зеленым фильтром.

Таблица 3.2–Зависимость типа используемого фотодиода от логических уровней сигналов на выводах S2и S3

S2	S3	Тип фотодиода
0	0	Красный
0	1	Синий
1	0	Без фильтра
1	1	Зеленый

Принцип работы датчика.

Сначала, при помощи выводов S2 и S3, задается используемый фильтр фотодиодов. Затем, когда предмет проходит над чипом TCS3200, свет, отраженный от его поверхности, попадает на фотодиоды. Далее интенсивность света преобразуется в частоту, шкала которой задается выводами S0 и S1, и полученный сигнал прямоугольной формы поступает на вывод датчика OUT.

3.2.2 Датчик линии на базе оптической пары

При разработке рассматриваемого комплекса перед нами встала проблема, как отслеживать положение детали на транспортной ленте. Требовалось остановить ход ленты, если деталь переместилась до ее конца. Сначала планировалось использование скользящего контакта, но после серии практических испытаний, было обнаружено, что силы давления на рычаг концевика не всегда хватает, и контакт не замыкается. В связи с этим, необходимо использовать бесконтактный датчик. Наше внимание привлек рефлективный оптический сенсор на базе оптической пары TCRT5000Lизображенный на рисунке 3.7.



Рисунок 3.7 – Оптическая пара TCRT5000L

Оптическая пара состоит из инфракрасного светодиода и инфракрасного транзистора n-p-n типа.

Характеристики.

- Минимальное расстояние до отражающей поверхности: 2,5 мм.
- Максимальный прямой ток светодиода: 60 мА.
- Падение напряжения на светодиоде: 1,25...1,5 В.
- Длина волны излучения светодиода: 960 нм.
- Максимальное напряжение коллектор-эмиттер: 70 В.
- Максимальное напряжение эмиттер-коллектор: 5 В.
- Максимальный ток коллектора: 100 мА.

Оптический датчик TCRT5000L можно отнести к ретрорефлекторному и диффузионному типу датчиков. Рассмотрим различия в их применении.

В датчиках ретрорефлекторного типа, свет от излучателя отражается от рефлектора и потом попадает в приемник. Датчик срабатывает, если луч от излучателя прерывается каким-либо объектом, принцип действия ретрорефлекторного датчика рисунок 3.8.



Рисунок 3.8 – Принцип действия ретрорефлекторного датчика

Обычно такой тип датчиков используется на конвейерных линиях при подсчете количества продукции.

В датчиках диффузионного типа, свет от излучателя отражается от самой поверхности предмета. Принцип действия диффузионного датчика представлен на рисунке 3.9.



Рисунок 3.9 – Принцип действия диффузионного датчика

Такие датчики рассчитаны на маленькие расстояния срабатывания и не требуют дополнительных настроек.

В рассматриваемом комплексе, датчик TCRT5000L используется как диффузионный, луч отражается от поверхности детали, а не от светоотражателя. Когда на пути луча нет препятствий, он не отражается и не попадает на фототранзистор (рисунок.3.10 – случай 1). Когда на пути луча, излучаемого инфракрасным светодиодом, появляется препятствие, луч отражается от поверхности объекта и попадает на приемник фототранзистора (рисунок 3.10 – случай 2).

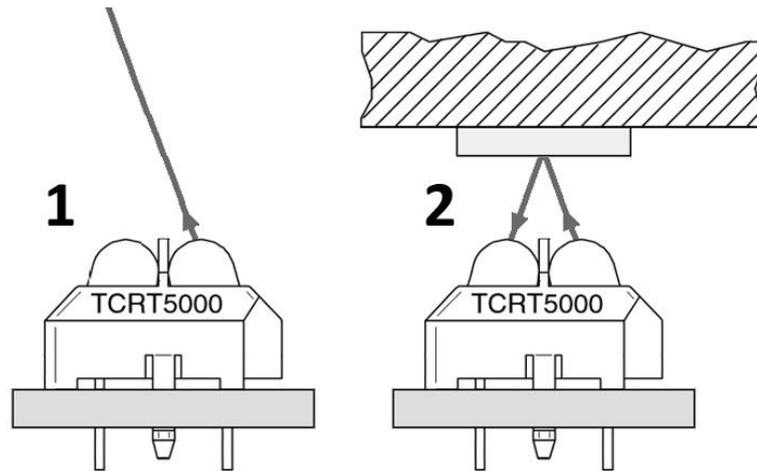


Рисунок 3.10 – Принцип работы датчика TCRT5000

Рассмотрим схему подключения датчика, изображенную на рисунке 3.11.

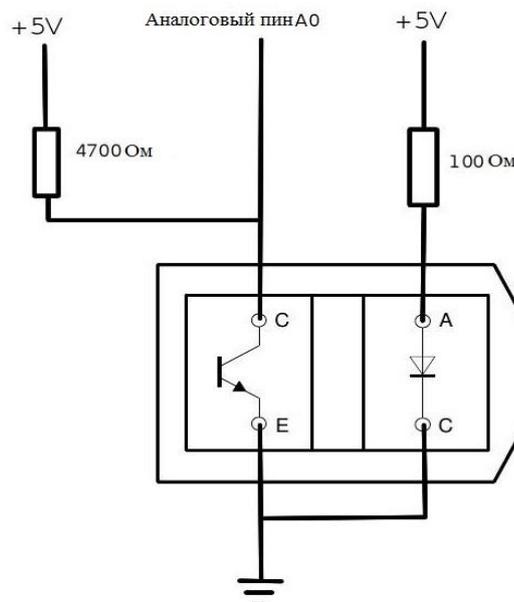


Рисунок 3.11 – Схема подключения оптической пары TCRT5000L

Фототранзистор n-p-n типа, подключен по схеме усилителя с общим эмиттером. При попадании отраженного луча на базу фототранзистора, фототранзистор открывается, высокий потенциал проходит через коллектор к эмиттеру и далее уходит в землю. На аналоговом выводе А0 появляется низкий логический уровень. Когда луч не попадает на базу фототранзистора, напряжение проходит через токоограничивающий резистор на аналоговый вывод, и на А0 появляется сигнал высокого логического уровня.

В данной схеме, фоторезистор работает в режиме переключения. Этот режим означает, что когда фототранзистор освещен, он будет либо в состоянии отсечки, либо насыщения. Данный режим не подразумевает генерацию выходного сигнала, который пропорционален уровню освещенности.

На практике данный датчик показал себя довольно хорошо, единственной проблемой стали единичные внешние световые помехи. Опрашивание датчика, а следовательно, аналогового порта А0 происходит раз в 0,1 сек., и иногда, на малый промежуток времени, появлялись некорректные единичные значения. Решением данной проблемы стало уменьшение времени срабатывания датчика в два раза, некорректные единичные данные перестали считываться контроллером.

3.2.3 Концевой переключатель KW12-3

Концевые выключатели используются для автоматического выключения и включения исполняемого механизма, при достижении подвижной части определенного места.

В рассматриваемом комплексе, концевой переключатель расположен в верхней точке хода подъемного манипулятора, его нажатие означает то, что захват находится в верхней позиции.

Внешний вид концевого переключателя представлен на рисунке 3.12.

Характеристики:

- Коммутируемое переменное напряжение: 125-250 В.
- Максимальный ток коммутации: 5 А при 250 В.

Рассмотрим схему подключения переключателя, изображенную на рисунке 3.13.



Рисунок 3.12 – Концевой переключатель KW12-3

Если подключить один из контактов к общему проводу, а второй к выводу микроконтроллера, настроенного в режим входа, то обнаружится, что такой способ подключения не работает. Дело в том, что при отпущенной кнопке вывод микроконтроллера ни к чему не подключен и “висит в воздухе”, в таком случае программа будет считывать с входа высокий и низкий потенциал совершенно случайным образом. Чтобы этого не допустить, вывод на микроконтроллере должен быть соединен через резистор с напряжением питания. Сопротивление резистора следует выбирать достаточно большое, порядка 5-100 кОм, иначе протекающий ток при замкнутых контактах кнопки, будет слишком большим.

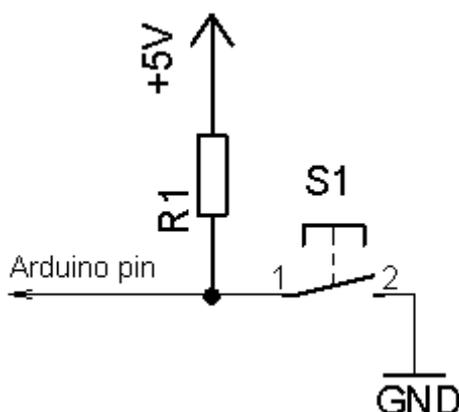


Рисунок 3.13 – Схема подключения концевой переключателя KW12-3

После практических испытаний концевой переключателя, было обнаружено такое явление как дребезг контактов. Оно заключается в том, что при соприкосновении/расхождении механических контактов, происходит многократное

замыкание или размыкание, и микроконтроллер некорректно воспринимает такие многократные переключения. На рисунке 3.14 изображено схематичное представление явления дребезга контактов

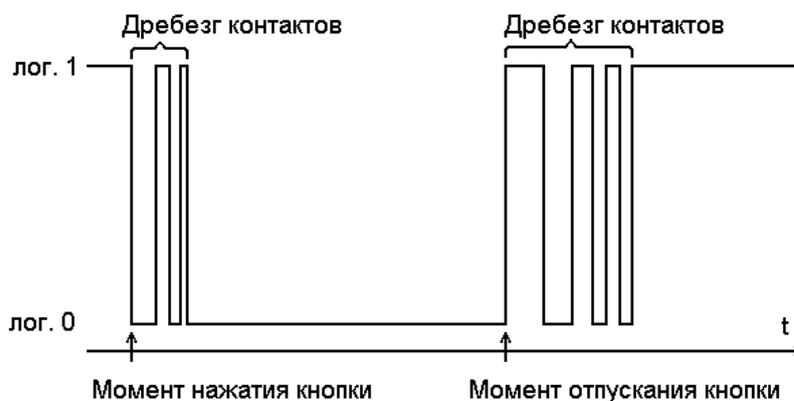


Рисунок 3.14 – Схематичное представление явления дребезга контактов

Чтобы микроконтроллер не воспринимал дребезг контактов как множественное нажатие и отпускание кнопки, необходимо применить специальную схему или использовать программные средства. В нашем случае было решено бороться с проблемой на программном уровне. После того, как произошло переключение контакта, в течение некоторого промежутка времени контроллер не реагирует на любые другие переключения.

4 Разработка структурной схемы учебного стенда "Автоматизированный транспортно-складской комплекс"

Общая упрощённая структурная схема учебного стенда "Автоматизированный транспортно-складской комплекс" показана на рисунке 4.1.

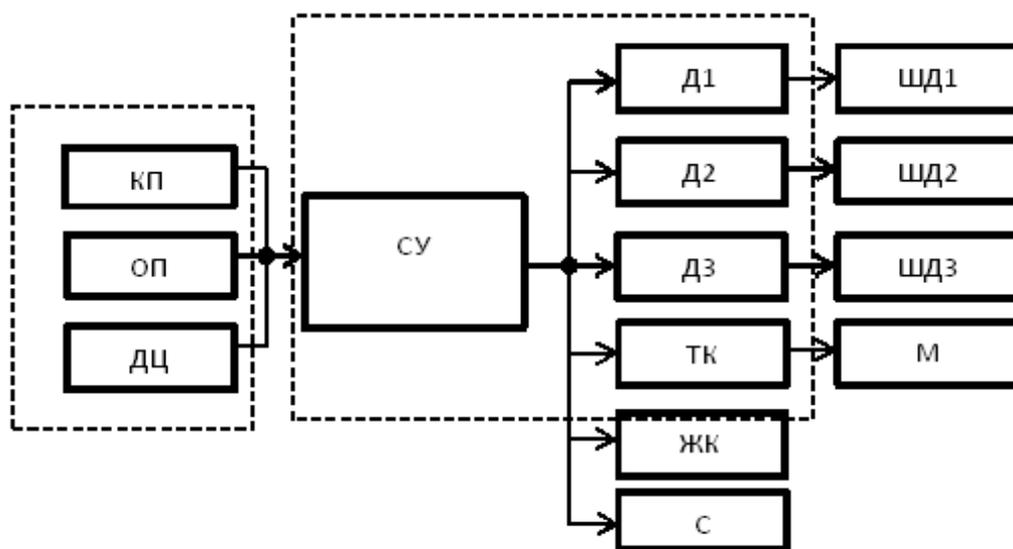


Рисунок 4.1 – Общая упрощённая структурная схема

Рассмотрим функциональные блоки структурной схемы.

Блоки датчиков обратной связи:

- КП – Концевой переключатель KW12-3;
- ОП – Оптическая пара TCRT5000L;
- ДЦ – Датчик цвета TCS3200.

На общей структурной схеме блоки датчиков обратной связи объединены штрихпунктирными линиями. Датчики обратной связи передают информацию о внешних воздействиях на систему управления.

Концевой переключатель KW12-3 используется для получения информации о том, что захват находится в верхнем положении. Он расположен в верхней точке хода подъемного манипулятора, при подъеме захвата и достижении им максимальной допустимой высоты, подвижная часть рычага смещается и замыкает контакты. Далее сигнал высокого уровня поступает на контроллер системы управления, который делает вывод о том, что захват поднялся до нужного уровня.

Оптическая пара TCRT5000L используется для обнаружения наличия детали на заданном участке транспортной ленты. TCRT5000L представляет собой рефлективный оптический сенсор, который состоит из посылающего сигнала инфракрасного светодиода, и принимающего сигнал инфракрасного транзистора. Оптическая пара работает по типу диффузионного датчика, инфракрасный сигнал отражается от детали, и попадает на инфракрасный транзистор. При попадании отраженного луча на фототранзистор, он открывается, далее сигнал поступает на вход системы управления.

Датчик цвета на микросхеме TCS3200 служит для определения цвета детали. При прохождении детали над датчиком цвета, отраженный от поверхности материала свет попадает на фотодиоды с различными типами цветных фильтров. Далее датчик преобразует интенсивность света в частоту, и полученный сигнал прямоугольной формы поступает на вход микроконтроллера. Данный сигнал система управления интерпретирует по заданному алгоритму и на основе полученных значений цветовой шкалы RGB, делает вывод о том, какого цвета деталь.

Блоки модулей системы управления:

- СУ – Система управления ArduinoMega2560;
- Д1– Драйвер двигателя L298N;
- Д2– Драйвер двигателя L298N;
- Д3 – Драйвер двигателя L298N;
- ТК – Транзисторный ключ на транзисторах IRF540N.

На общей структурной схеме блоки системы управления объединены штрихпунктирными линиями.

Главным звеном системы управления является контроллер ArduinoMega2560. В его задачи входит анализ и обработка сигналов поступающих с датчиков обратной связи, а также формирование и передача управляющих сигналов на драйверы двигателей или непосредственно на объекты управления.

Модули L298N являются двойными мостовыми драйверами для управления двунаправленными нагрузками. В рассматриваемом комплексе, используется три

модуля драйвера L298N, каждый из них управляет одним униполярным шаговым двигателем. После того как контроллер отправит на драйвер последовательность управляющих сигналов, микросхема L298N усиливает эти сигналы и в той же последовательности подает усиленные сигналы на обмотки шаговых двигателей.

Транзисторный ключ содержит в себе четыре N-канальных МОП транзистора IRF540N, с обратными диодами для работы в ключевом режиме. При подаче с контроллера управляющего сигнала высокого уровня на вход модуля транзисторного ключа, транзистор IRF540N открывается и питание с силового входа поступает на электрический двигатель постоянного тока.

Блоки изображающие объекты управления:

- ШД1 – Униполярный шаговый двигатель EM-188 (MINEBEA 17PM-K041-P3);
- ШД2 – Униполярный шаговый двигатель DYNASYN 4SHG-023A 39S;
- ШД3 – Униполярный шаговый двигатель DYNASYN 4SHG-023A 39S;
- М – Электрический двигатель постоянного тока 6В;
- С – Сервопривод TowerProMG946R;
- ЖК – Жидкокристаллический дисплей Z-LCDI2C.

EM-188 (MINEBEA 17PM-K041-P3) – электродвигатель шаговый униполярный изображен на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2– EM-188 MINEBEA 17PM-K041-P3

Данный двигатель используется в механизме барабанного склада и осуществляет его вращательное движение. С помощью него склад поворачивается и позиционирует ячейки в соответствии с показаниями датчика цвета.

Выбор в качестве электрической машины именно шагового двигателя обусловлен особенностями конструкции барабанного склада и характером движений:

— Поворот склада должен осуществляться на определенный угол с минимальной погрешностью.

— Крутящий момент должен быть достаточно высоким, так как конструкция барабанного склада имеет не малый вес.

В связи с данными особенностями, применение коллекторного двигателя постоянного тока оказалось невозможным, так как нельзя будет отслеживать, на какой угол повернулся вал двигателя без дополнительной системы обратной связи. Использование серводвигателя с углом поворота 180 градусов стало бы отличным решением, но испытав его на практике, было обнаружено, что из-за большой массы склада, при его торможении, имеет место явление инерционности и возможно последующее разрушение механизма редуктора. С другой стороны, шаговый двигатель полностью удовлетворяет требования по точности позиционирования и силе крутящего момента.

DYNASYN 4SHG-023A 39S – электродвигатель шаговый униполярный изображен на рисунке 4.3



Рисунок 4.3–DYNASYN 4SHG-023A 39S

В рассматриваемом комплексе используются сразу два шаговых двигателя DYNASYN 4SHG-023A 39S. Один из них осуществляет подъем и опускание захвата подъемного манипулятора, другой же, в свою очередь, реализует возвратно-

поступательное движение всего модуля подъемного манипулятора, обеспечивая, тем самым, позиционирование захвата над барабанным складом.

Данные двигатели отлично справляются со своими задачами, так как имеют хорошие показатели по точности и достаточную величину крутящего момента.

GM37B-520 – коллекторный электродвигатель постоянного тока, представлен на рисунке 4.4.



Рисунок 4.4 – GM37B-520

В стенде двигатель GM37B-520 используется в транспортной ленте. Он осуществляет вращение ведущих ленточных барабанов, что в свою очередь приводит к движению резиновой ленты и линейному перемещению деталей-заготовок.

Данный электродвигатель оснащен планетарным понижающим редуктором с передаточным отношением 1/7.5, что позволяет увеличить момент силы на валу и понизить угловую скорость и частоту.

Этот тип двигателя был выбран исходя из особенностей его расположения и применения. В модуле транспортной ленты не важно на какой угол поворачивается вал двигателя, главной характеристикой был его крутящий момент и частота вращения. Поэтому использовать более дорогие и сложные в управлении шаговые или серводвигатели, для осуществления простой задачи по перемещению заготовок из одной точки в другую по линейной траектории, не целесообразно.

TowerProMG946R– серводвигатель с углом поворота 180 градусов, представлен на рисунке 4.5.

В рассматриваемом комплексе, сервопривод TowerProMG946R установлен в захвате подъемного манипулятора. От угла поворота сервопривода, зависит степень сжатия захвата.



Рисунок 4.5 – TowerProMG946R

Следует отметить, что данный серводвигатель имеет редуктор с металлическими шестернями, что очень положительно сказывается на прочности редуктора и долговечной исправной работы двигателя. Изображение металлического редуктора серводвигателя представлен на рисунке 4.6.

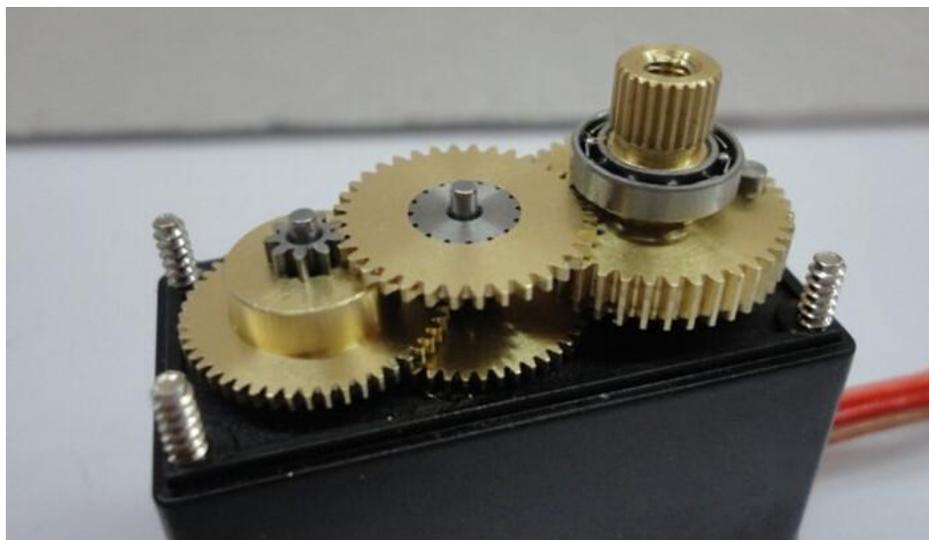


Рисунок 4.6 – Металлический редуктор серводвигателяMG946R

Рассмотрим подробнее внутреннее устройство и управление сервоприводом, которое представлено на рисунке 4.7.

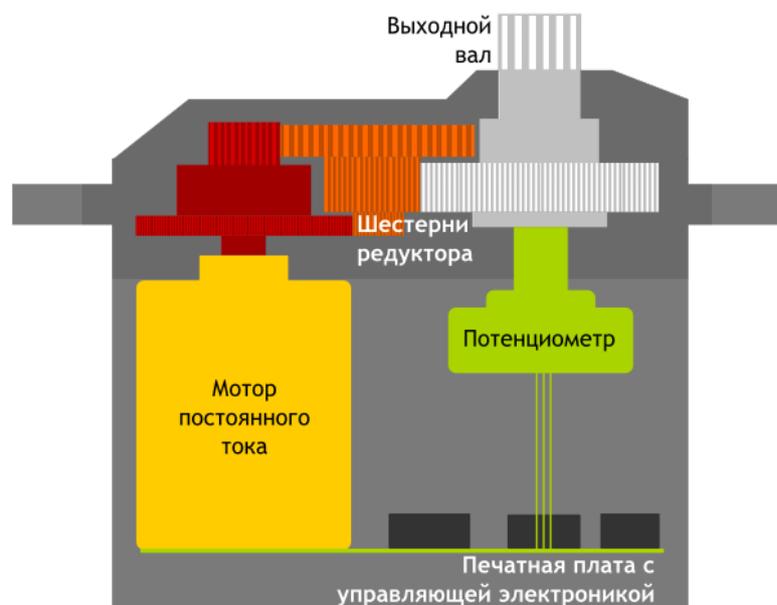


Рисунок 4.7 – Внутреннее устройство сервопривода

Сервопривод внутри устроен достаточно просто. В нем находится мотор постоянного тока, он преобразует электрическую энергию в механическую и вращает выходной вал. Редуктор с шестернями, который уменьшает обороты и увеличивает момент на выходном валу. Печатная плата с управляющей электроникой и потенциометр. Потенциометр служит датчиком обратной связи и преобразует угол поворота в электрический сигнал. При повороте выходного вала, бегунок потенциометра поворачивается, и происходит изменение его сопротивления, пропорциональное углу поворота.

Печатная плата с электроникой выполняет функцию приема внешних управляющих сигналов и считывания данных с потенциометра, а так же их сравнение и включение или выключение мотора. Именно управляющая электронная плата, установленная внутри сервопривода, поддерживает отрицательную обратную связь с микроконтроллером.

Данный тип двигателя был выбран с учетом особенностей конструкции захвата. Так же требовалось выбрать наиболее легких по весу, но в то же время, достаточно мощный по моменту двигатель с редуктором и гибкой настройкой угла поворота. Несомненно, встроенная в сервопривод схема управления оказалась отличным решением и упростила задачу.

Z- LCD1602 I2C FC-113 – символьный жидкокристаллический дисплей, изображен на рисунке 4.8.



Рисунок 4.8 – Z- LCD1602 I2Cс модулем FC-133

Z-LCD1602I2CFC-133 является модулем, в котором совмещены символьный дисплей и микросхема PCF8574T, позволяющая коммутировать дисплей к Arduino всего по двум информационным проводам вместо шестнадцати.

В рассматриваемом комплексе используется один модуль Z-LCD1602I2CFC-133, который служит для вывода информации с датчика цвета.

Основные характеристики модуля.

- Дисплей: символьный 16x02;
- Подсветка: синяя с белыми символами;
- Яркость подсветки: с возможностью регулирования широтно-импульсной модуляцией;
- Контраст: настраивается потенциометром;
- Напряжение питания: 5 В;
- Интерфейс: I2C;
- Физические размеры: 82мм x 35мм x 18мм.

Z-LCD1602I2CFC-133 имеет в своем составе основные элементы, представленные на рисунке 4.9.

1. Микросхема PCF8574T.
2. Подстроечный резистор регулирующий контраст.

3. DIP переключатель выбора адресации.
4. Джемпер выбора варианта работы подсветки.
5. Гребенка для подключения к микроконтроллеру.
6. Индикаторный светодиод наличия питания.
7. Джемпер для отключения резисторной подтяжки шины I2C

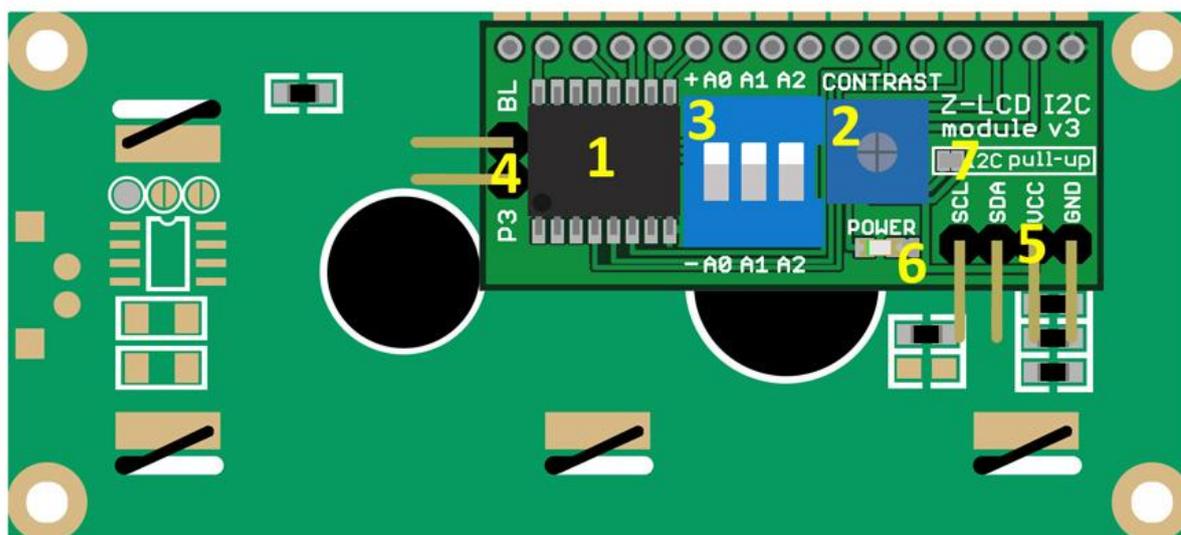


Рисунок 4.9 – Основные элементы модуля Z-LCD1602I2CFC-133

Переходник FC-133 собран на базе микросхемы PCF8574T, которая является восьмибитным сдвиговым регистром. Регистр является расширителем входо-выходов для последовательной шины I2C. Благодаря модулю FC-133 можно подключать до восьми LCDдисплеев на шину I2Cи, выбрав адресацию, выводить информацию на нужный в данный момент дисплей.

5 Разработка схемы электрической функциональной

Рассматриваемый комплекс является электромеханической замкнутой системой и имеет цепи главного тока (силовые) и цепи управления (информационные).

Рассмотрим основные элементы, изображенные на функциональной схеме:

- DD4 – Контроллер Arduino Mega2560;
- БП – Блок питания LC-B250ATX;
- DD5.1 – Драйвер двигателя L298N;
- DD5.2 – Драйвер двигателя L298N;
- DD5.3 – Драйвер двигателя L298N;
- M2– Вентилятор охлаждения DEERCOOL XFAN 60;
- M3– Вентилятор охлаждения DEERCOOL XFAN 60;
- M4– Вентилятор охлаждения DEERCOOL XFAN 60;
- M5 – Униполярный шаговый двигатель EM-188 (MINEBEA 17PM-K041-P3);
- M6– Униполярный шаговый двигатель DYNASYN 4SHG-023A 39S;
- M7– Униполярный шаговый двигатель DYNASYN 4SHG-023A 39S;
- Servo – Сервопривод Tower Pro MG946R;
- M1 – Электрический двигатель постоянного тока 6В GM37B-520;
- DD2 – Транзисторный ключ на транзисторах IRF540N;
- SA1 – Концевой переключатель KW12-3;
- VT1 и VD1 – Оптическая пара TCRT5000L;
- DD1 – Датчик цвета TCS3200;
- DD3 – Жидкокристаллический дисплей Z-LCDI2C.

Центральным элементом функциональной схемы является контроллер ArduinoMega2560, на схеме обозначен как DD4. Он отвечает за обработку информации с датчиков обратной связи и формирование управляющих сигналов. У контроллера используется 23 управляющих выводов, а также выводы питания +5 и

GND. Напряжение питания контроллера +12 В. В таблице 5.1 представлены задействованные информационные выводы контроллера.

Таблица 5.1 – Задействованные информационные выводы контроллера

№	Элемент	Вывод
1	M1	4
2	SA1	6
3	Servo	7
4	VT1 и VD1	11
5	DD5.1 in1	24
6	DD5.1 in3	26
7	DD5.1 in2	28
8	DD5.1 in4	30
9	DD5.2 in4	34
10	DD5.2 in2	36
11	DD5.2 in3	38
12	DD5.2 in1	40
13	DD5.3 in1	42
14	DD5.3 in2	44
15	DD5.3 in3	46
16	DD5.3 in4	48
17	DD1 s1	A1
18	DD1 s2	A2
19	DD1 s3	A3
20	DD1 s0	A4
21	DD1 out	A5
22	DD3 SCL	21
23	DD3SDA	20

В качестве источника питания используется компьютерный блок питания мощностью 250 Вт марки LC-B250ATX. Он преобразует сетевое переменное напряжение потребительской сети 220В в постоянное напряжение питания. Данный блок питания способен выдавать различные значения напряжений, распиновка выводов представлена на рисунке 5.1.

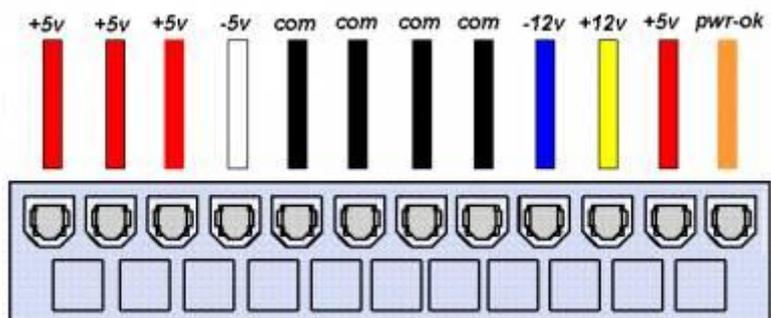


Рисунок 5.1 – Распиновка выводов блока питания LC-B250ATX

Маркировка по цветам проводов:

- Черный — общий провод, «земля», GND;
- Белый — минус 5В;
- Синий — минус 12В;
- Желтый — плюс 12В;
- Красный — плюс 5В;
- Оранжевый — плюс 3.3В;
- Зеленый — включение (PS-ON);
- Серый — POWER-OK (POWERGOOD);
- Фиолетовый — 5VSB (дежурного питания).

В разработанном комплексе используется два вида напряжений, +5В и + 12В. Напряжение +5В используется для работы логических элементов комплекса, +12В служит для питания силовых элементов, таких как двигатели. Общий провод GND блока питания соединяется с выводом GND контроллера Arduino Mega2560, это требуется для корректной работы драйверов двигателей и датчиков обратной связи.

Драйверы двигателей L298N являются двойными мостовыми драйверами для управления двунаправленными нагрузками. Они используются для управления шаговыми двигателями.

Технические характеристики L298N:

- Максимальное напряжение питания силовой части (VS) – 50 В;
- Максимальное напряжение питания управляющей схемы (VSS) – 7 В;
- Максимальный постоянный выходной ток – 2 А;
- Максимальный импульсный выходной ток – 3 А;
- Максимальная рассеиваемая мощность – 25 Вт;
- Диапазон рабочих температур - от -25 до +130 °С.

В рассматриваемом комплексе, используется три модуля драйвера L298N, на функциональной схеме они обозначаются DD5.1, DD5.2, DD5.3, каждый из них управляет одним униполярным шаговым двигателем. Каждый драйвер подключается к контроллеру по четырем информационным выводам in1, in2, in3, in4, по ним идут управляющие импульсы с определенной последовательностью. Драйвер усиливает информационные сигналы и подает их в той же последовательности на выводы OUT1, OUT2, OUT3, OUT4. Кроме того, к драйверу подключены силовые контакты идущие с БП, +12 В, GND, +5 В. Напряжение +5 В требуется для питания микросхемы L298N, а напряжение +12 В подается непосредственно на обмотки шагового двигателя.

После практических испытаний модулей L298N, было обнаружено, что при длительной непрерывной работе комплекса, микросхема L298N сильно нагревается. Для предотвращения возможной поломки драйвера, на каждый модуль L298N был установлен охлаждающий вентилятор, который помог более эффективно отводить тепло от микросхемы.

Вентилятор охлаждения DEERCOOL XFAN 60 является компьютерным кулером и имеет напряжение питания 12 В. Кулер имеет три вывода: +12 В, GND и S. Вывод S нужен для того, чтобы управлять оборотами двигателя, но нам это не требуется. Вентиляторы M2, M3, M4 подключены к выводам модулей драйверов

L298N +12 В и GND. Если стенд включен и питание подается на драйвер L298N, то вентиляторы вращаются и охлаждают микросхему.

Униполярный шаговый двигатель EM-188 MINEBEA 17PM-K041-P3 используется в механизме поворота барабанного склада и на функциональной схеме он обозначен как M5.

Характеристики EM-188:

- Шаг смещения: 1,8 градуса;
- Тип двигателя: Шаговый, униполярный;
- Расчетный ток: 1 А;
- Сопротивление: 3,1 Ом;
- Крутящий момент: 200 мН*м;
- Индуктивность: 3,2 мГ;
- Инерция ротора: 37 г*см²;
- Тормозящий момент: 10,8 мН*м;
- Масса: 200 г.

Униполярный шаговый двигатель DYNASYN 4SHG-023A 39S реализует возвратно-поступательные движения подъемного манипулятора. На функциональной схеме он обозначен как M6. Кроме того, точно такой же двигатель установлен в механизме подъема и опускания захвата манипулятора, он обозначен как M7.

Характеристики двигателя DYNASYN 4SHG-023A 39S:

- Тип двигателя: Шаговый, униполярный;
- Угол поворота за один шаг: 1.8 градуса;
- Количество шагов на полный оборот вала: 200;
- Количество выводов: 6;
- Количество обмоток: 2 со средней точкой;
- Напряжение питания: 2.3 В;
- Сопротивление обмоток: 1.5 Ом;
- Потребляемый ток: 1.53 А;

- Момент удержания ротора: 4кг\см;
- Радиальная нагрузка: 75N (max);
- Осевая нагрузка: 15N (max);
- Температурный диапазон: -20...+50 градусов;
- Размеры: 57x57×41 мм;
- Вес: 540 грамм.

Униполярные шаговые двигатели ШД1, ШД2, ШД3 очень схожи по своим техническим параметрам и все они подключены к драйверам L298N по одинаковой схеме, которая изображена на рисунке 5.2.

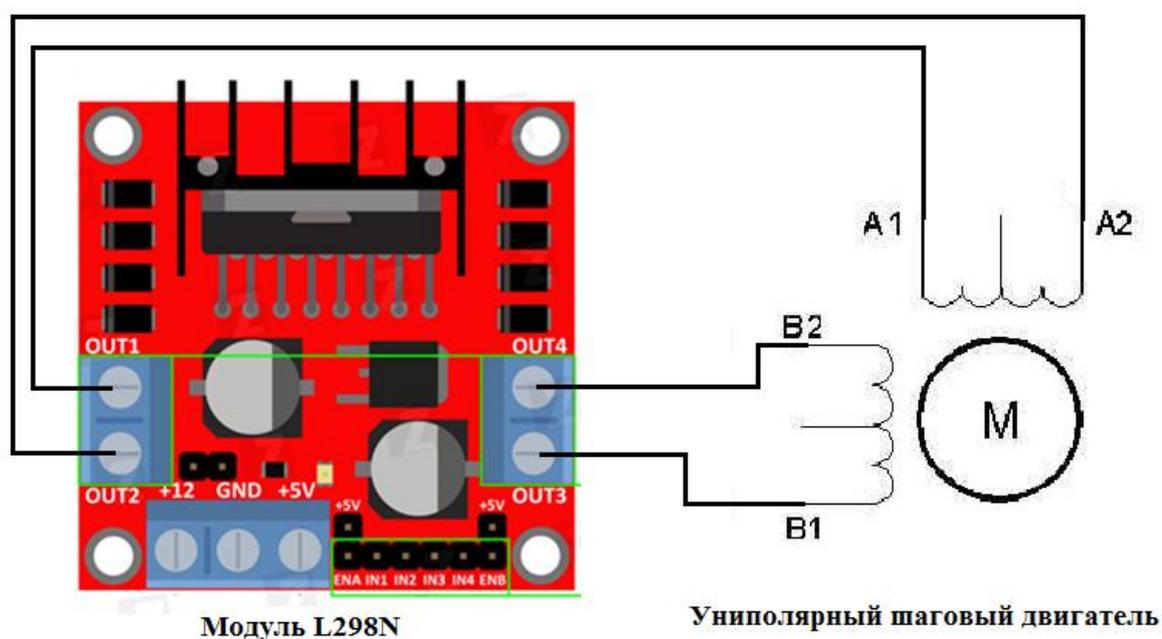


Рисунок 5.2 – Схема подключения униполярного шагового двигателя к модулю L298N

Как видно на схеме, средние провода обмоток А и В ни куда не подключены. По стандартной схеме подключения униполярного шагового двигателя, данные выводы следует подключать к заземлению, это обеспечит большую скорость вращения, но меньший крутящий момент. В модулях комплекса, где задействованы шаговые двигатели, нам было важно сохранить именно силу крутящего момента. В связи с этим, все униполярные шаговые двигатели было решено подключать по схеме биполярного двигателя, не задействовав выводы полуобмоток.

Сервопривод TowerProMG946R с углом поворота 180 градусов установлен в захвате подъемного манипулятора. От угла поворота сервопривода, зависит степень сжатия захвата. На функциональной схеме сервопривод обозначен как Servo.

Характеристики серводвигателя:

- Напряжение питания: 4,8 – 7,2 В;
- Крутящий момент: 12 кг*см;
- Скорость поворота на 60 градусов: 0,2 сек;
- Диапазон рабочих температур: 0-55 градусов Цельсия;
- Максимальный угол поворота: 180 градусов.

Данный тип двигателя не требует каких-либо внешних драйверов для его работы, так как сам сервопривод имеет внутри корпуса управляющую схему и потенциометр, который служит датчиком обратной связи и преобразует угол поворота в электрический сигнал.. Привод подключается по трем проводам, два из них это питание +5 В и GND, а по третьему проводу проходит управляющий сигнал. Управляющими сигналами являются импульсы постоянной частоты и переменной ширины. Именно от длины импульсов зависит, на какой угол повернется вал привода. Зависимость угла поворота вала от длины импульсов представлена на рисунке 5.3.

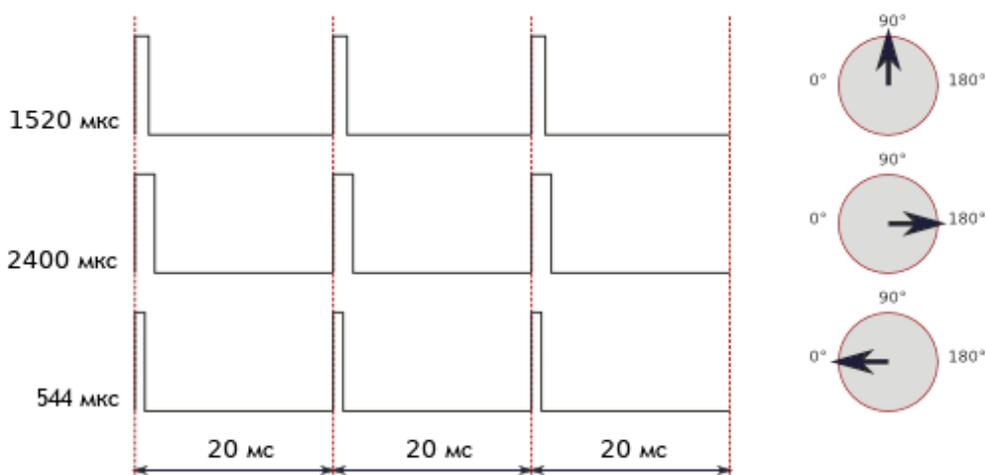


Рисунок 5.3 – Зависимость угла поворота вала от длины импульсов

В управляющей схеме находится генератор импульсов, длительность импульсов зависит от положения потенциометра. Когда сигнал с цифрового вывода

7 микроконтроллера поступает в управляющую схему сервопривода, другая часть схемы сравнивает этот сигнал с сигналом от генератора импульсов. Если длительность разная, то поступает команда о вращении мотора, причем, направление вращения зависит от того, какой импульс короче. Если длительность импульсов равна, то управляющая электроника дает команду на остановку мотора.

Электрический двигатель постоянного тока 6BGM37B-520 используется в механизме транспортной ленты. Он осуществляет вращение ведущих ленточных барабанов, что в свою очередь приводит к движению резиновой ленты и линейному перемещению деталей/заготовок. На функциональной схеме двигатель GM37B-520 обозначен как M1.

Характеристики данного двигателя:

- Тип двигателя: коллекторный двигатель постоянного тока;
- Напряжение питания: 6 В;
- Частота вращения без нагрузки: 800 оборотов в минуту;
- Потребляемый ток без нагрузки: 0,5 А;
- Частота вращения с нагрузкой: 560 оборотов в минуту;
- Крутящий момент с нагрузкой 30 мН*м;
- Потребляемый ток с нагрузкой: 1,5 А;
- Максимальный крутящий момент: 60 мН*м;
- Максимальный ток потребления: 3 А.

Так как в рассматриваемом комплексе имеется два вида питающих напряжений 5 В и 12 В, и для того чтобы не устанавливать еще один источник питания на 6 В, двигатель GM37B-520 было решено питать от 5 В. Данное решение конечно же привело к понижению момента силы и частоты оборотов двигателя, но даже с учётом этого, момент силы и частота оборотов остаются на приемлемом для выполнения поставленной задачи уровне.

Двигатель подключен к выводам "СН1+" и "СН1 –" транзисторного ключа DD2.

Управление двигателем GM37B-520 сводится к простой задаче включения и отключения подачи питания в нужный момент. Для этого было решено

использовать транзисторный ключ MOSFET4 на силовых транзисторах IRF540N. На функциональной схеме данный элемент обозначен как DD2.

Модуль содержит в себе четыре N-канальных МОП-транзистора IRF540N с обратными диодами для работы в ключевом режиме.

Характеристики транзистора IRF540N:

1. Напряжение пробоя сток-исток: 100 В;
2. Максимальное напряжение затвора: 20 В;
3. Сопротивление в открытом состоянии: 44 мОм;
4. Ток стока: 33 А;
5. Заряд затвора: 47,3 нКл;
6. Термосопротивление: 1.1 К/Вт;
7. Рассеиваемая мощность 140 Вт.

Двигатель подключается к первому каналу модуля "CH1". MOSFET4 подключается по одному проводу, вывод "S1" модуля коммутируется с цифровым выводом 4 контроллера DD4. Высокий уровень сигнала, поступающий на вход "S1", открывает соответствующий транзистор IRF540N, который коммутирует силовой вывод питания POWER и канал "CH1". Кроме того, для работы модуля нужно подключить выводы +5 В и GND, расположенные рядом с выводом "S", к соответствующим выводам источника питания БП. На клеммник POWER подается напряжение, которое в конечном итоге необходимо подавать на двигатель.

Концевой переключатель KW12-3L расположен в верхней точке хода подъемного манипулятора, его нажатие означает то, что захват находится в верхней позиции. На функциональной схеме концевой переключатель KW12-3L обозначен как SA1.

Характеристики KW12-3L:

- Коммутируемое переменное напряжение: 125-250 В;
- Максимальный ток коммутации: 5 А при 250 В.

Рассмотрим подключение переключателя к контроллеру DD4.

Если подключить один из контактов к общему проводу, а второй к выводу микроконтроллера, настроенного в режим входа, то обнаружится, что такой способ

подключения не работает. Дело в том, что при отпущенной кнопке вывод микроконтроллера ни к чему не подключен и “висит в воздухе”, в таком случае программа будет считывать с входа высокий и низкий потенциал совершенно случайным образом. Чтобы этого не допустить, вывод на микроконтроллере должен быть соединен через резистор с напряжением питания. Сопротивление резистора следует выбирать достаточно большое, порядка 5-100 кОм, иначе, протекающий ток при замкнутых контактах кнопки будет слишком большим.

Схема подключения концевого переключателя KW12-3L представлена на рисунке 5.5.

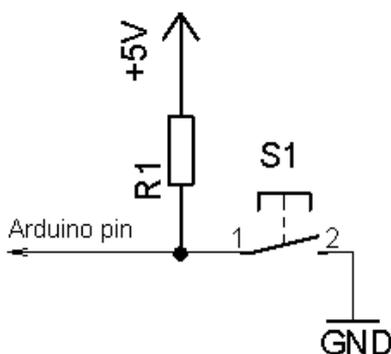


Рисунок 5.5 – Схема подключения концевого переключателя KW12-3

В качестве R1 выбираем проволочный резистор с сопротивлением 100 кОм марки KNP-200 2 Вт, 100 КОм, 5%.

Вывод "Arduinopin" коммутируется с цифровым выводом 6 контроллера СУ.

Выводы питания +5V и GND соединяются с соответствующими выводами микроконтроллера ArduinoMega2560

Оптическая пара TCR T5000L является рефлексивным оптическим сенсором, на принципиальной схеме обозначена как VT1 и VD1. TCR T5000L используется для обнаружения наличия детали в требуемом месте транспортной ленты.

Оптическая пара состоит из инфракрасного светодиода и инфракрасного транзистора n-p-п-типа.

Характеристики:

- Минимальное расстояние до отражающей поверхности: 2,5 мм;
- Максимальный прямой ток светодиода: 60 мА;

- Падение напряжения на светодиоде: 1,25...1,5 В;
- Длина волны излучения светодиода: 960 нм;
- Максимальное напряжение коллектор-эмиттер: 70 В;
- Максимальное напряжение эмиттер-коллектор: 5 В;
- Максимальный ток коллектора: 100 мА.

Рассмотрим схему подключения датчика, изображенную на рисунке 5.6.

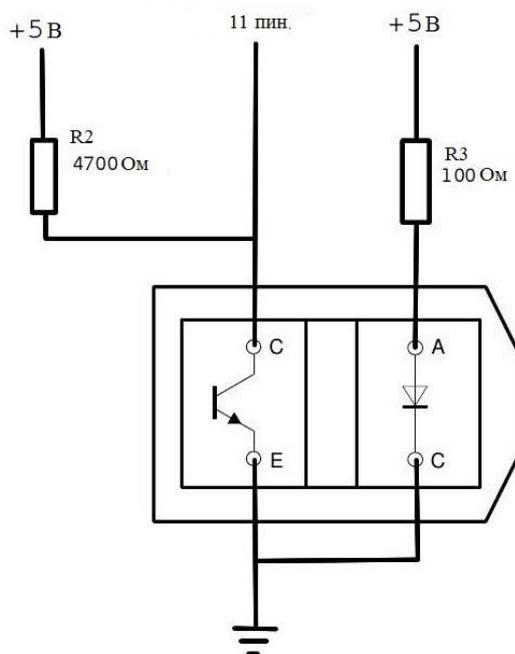


Рисунок 5.6 – Схема подключения оптической пары TCRT5000L

Фототранзистор n-p-n-типа, подключен по схеме усилителя с общим эмиттером. При попадании отраженного луча на базу фототранзистора, фототранзистор открывается, высокий потенциал проходит через коллектор к эмиттеру и далее уходит в землю. На цифровом выводе 11 появляется низкий логический уровень. Когда луч не попадает на базу фототранзистора, напряжение проходит через токоограничивающий резистор на цифровой вывод 11, и появляется сигнал высокого логического уровня.

В данной схеме, фоторезистор работает в режиме переключения. Этот режим означает, что когда фототранзистор освещен, он будет либо в состоянии отсечки, либо насыщения. Данный режим не подразумевает генерацию выходного сигнала, который пропорционален уровню освещенности.

Чтобы фоторезистор работал в режиме переключения, сопротивление резистора R2 в цепи должно удовлетворять следующему условию:

$$V_{cc} < R \times I.$$

Резистор R2 с сопротивлением 4,7 кОм полностью удовлетворяет данному условию. В качестве R2 выбираем углеродистый резистор с сопротивлением 4,7 кОм марки CF-25 (C1-4) 0.25 Вт, 4.7 кОм, 5%.

Резистор R3 100 Ом ограничивает ток, идущий на фотодиод. В качестве R3 выбираем углеродистый резистор с сопротивлением 100 Ом марки CF-100 (C1-4) 1 Вт, 100 Ом, 5%.

Датчик цвета TCS3200 используется для определения цвета детали. На функциональной схеме датчик TCS3200 обозначен как DD1.

Характеристики датчика.

- Напряжение питания: от 2,7 В до 5,5 В.
- Высокий входной уровень сигнала: от 2 В до напряжения питания.
- Низкий входной уровень сигнала: от 0 В до 0,8 В.
- Температура использования: от -40 до 70 градусов по Цельсию.
- Ток потребления: от 1,4 до 2 мА.

Модуль подключается к Arduino по пяти информационным выводам, S0-S3 и OUT коммутируется с аналоговыми выводами контроллера A1-A5.

VCC и GND – выводы питания схемы, они коммутируются с соответствующими выводами блока питания БП. LED служит для включения подсветки, в нашем случае подсветка соединена с VCC и работает постоянно.

Принцип работы датчика:

Сначала, при помощи выводов S2 и S3, задается используемый фильтр фотодиодов. Затем, когда предмет проходит над чипом TCS3200, свет, отраженный от его поверхности, попадает на фотодиоды. Далее интенсивность света преобразуется в частоту, шкала которой задается выводами S0 и S1, и полученный сигнал прямоугольной формы поступает на вывод датчика OUT.

Символьный жидкокристаллический дисплей Z-LCDI2С является модулем, в котором совмещены символьный дисплей и микросхема PCF8574T, позволяющая

коммутировать дисплей к Arduino всего по двум информационным проводам вместо шестнадцати. На функциональной схеме модуль Z-LCDI2C обозначен как ЖК.

Данный дисплей используется для вывода информации с датчика цвета.

Основные характеристики модуля:

- Дисплей: символьный 16x02;
- Подсветка: синяя с белыми символами;
- Яркость подсветки: с возможностью регулирования широтно-импульсной модуляцией;
- Контраст: настраивается потенциометром;
- Напряжение питания: 5 В;
- Интерфейс: I2C;
- Физические размеры: 82мм x 35мм x 18мм.

Подключение модуля Z-LCDI2C к контроллеру DD4 осуществляется по двум информационным выводам, вывод SCL коммутируется с цифровым выводом 21 , SDA с 20 выводом микроконтроллера.

VCC и GND соединяются с соответствующими выводами питания БП.

6 Разработка печатной платы управления светодиодами

Для того чтобы визуально оживить учебный стенд и дополнительно привлечь к нему интерес среди посетителей всевозможных выставок, было решено сделать световой эффект "бегущие огни". Выражается он в том, что в цепочке источников света, например светодиодов, поочередно загорается один или группа элементов, расположенных друг за другом. При этом, создается видимость того, что источник света перемещается и "бежит" по цепочке с определенной скоростью.

Схема бегущей строки реализована на всем известном таймере 555 и счетчике CD4017, схема представлена на рисунке 6.1. Микросхема таймера 555 включена по схеме генератора прямоугольных импульсов. Счетчик CD4017 включен по стандартной схеме без дополнительных комплектующих компонентов. Частота генерируемых сигналов порядка 3 герц, ее можно регулировать с помощью изменения сопротивления переменного резистора.



Рисунок 6.1 – Таймер NE555P и счетчик CD4017

Принципиальная схема бегущих светодиодных огней изображена на рисунке 6.2.

Данная схема работает с широким диапазоне напряжений, от 5 В до 12 В. Микросхема таймера 555 используется в качестве задающего генератора импульсов.

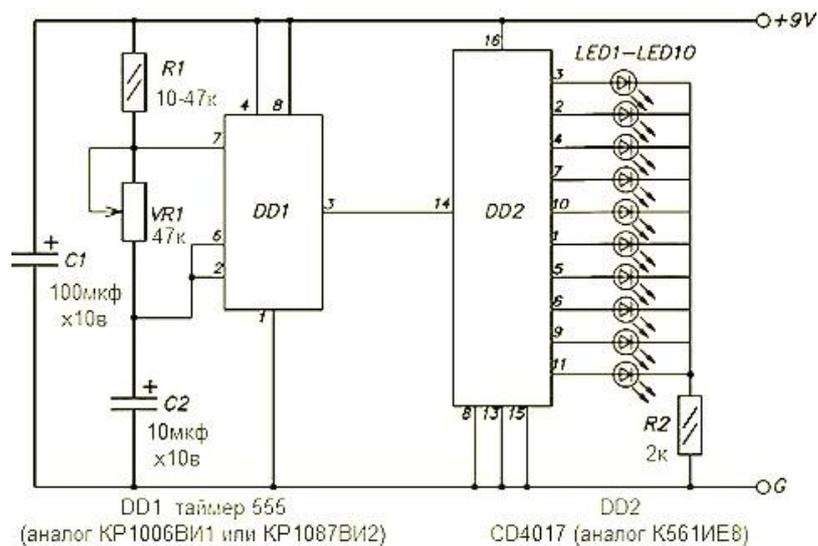


Рисунок 6.2 – Принципиальная схема бегущих светодиодных огней

Делителем R1, VR1 и конденсатором C2 задается частота сигналов, выдаваемых генератором. Частоту сигналов можно регулировать подстроечным резистором VR1. С третьего вывода микросхемы таймера DD1 импульсы поступают на четырнадцатый вывод двоично-десятичного счетчика CD4017. С приходом каждого тактового импульса с таймера 555, на выводах разрядов счетчика поочередно появляется высокий потенциал. К выводам соответствующих разрядов счетчика подключены светодиоды. Конденсатор C1 является фильтром по питанию и необходим для стабильной работы устройства. Резистор R2 ограничивает ток, идущий через светодиоды, предохраняя их от поломки. Ток потребления схемы порядка 50 мА, в редких случаях может достигать до 80 мА. Потребление схемы зависит от частоты переключений светодиодов, чем выше частота – тем больше тока потребляет схема.

Используя данную принципиальную электрическую схему, была разработана печатная плата схемы бегущих светодиодных огней, которая изображена в графическом материале.

По конструкции печатная плата является однослойной двусторонней печатной платой. Печатные проводники расположены на лицевой и задней стороне платы. Двусторонний тип печатной платы был выбран для того, чтобы исключить перемычки контактов.

При разработке печатной платы был использован автоматизированный метод проектирования с использованием специализированной программы SprintLayout версии 6.0. Окно программы SprintLayout 6.0 представлено на рисунке 6.3. Программа позволяет производить размещение разногабаритных элементов и трассировку соединений, так же в программе имеются разнообразные подключаемые библиотеки с большим количеством элементов и обозначений.

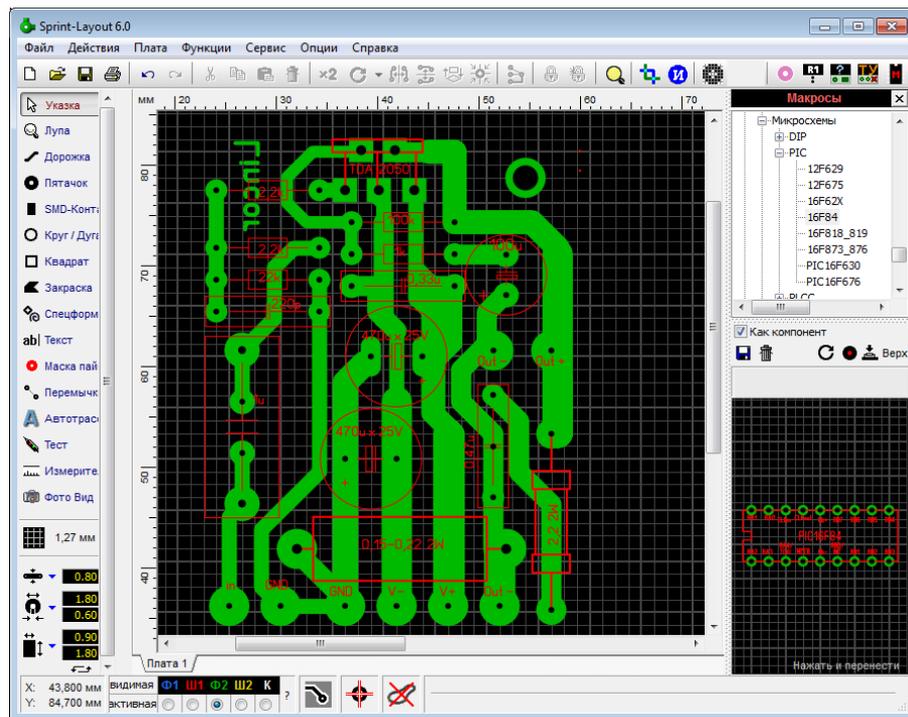


Рисунок 6.3 – Окно программы Sprint Layout 6.0

Для простоты непосредственной сборки печатной платы, было решено использовать двустороннюю универсальную макетную плату размером 4х6 см, которая изображена на рисунке 6.4.

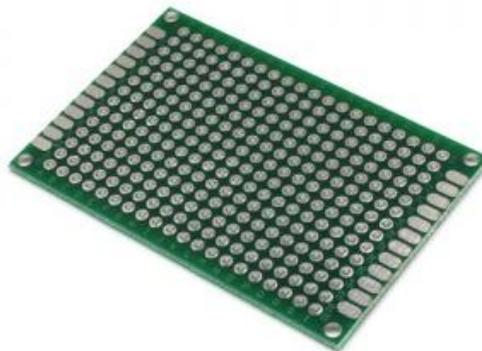


Рисунок 6.4 – Двусторонняя универсальная макетная плата размером 4х6 см

В качестве источников света были использованы красные и синие светодиоды диаметром 3 мм, изображенные на рисунке 6.5.



Рисунок 6.5– Красные и синие светодиоды диаметром 3 мм

Светодиоды размещены на деревянной планке и соединяются с платой посредством гибкой шины, состоящей из десяти проводников.

Фото готового устройства реализации светового эффекта бегущих огней и деревянной планки изображены на рисунке 6.6 и рисунке 6.7 соответственно.



Рисунок 6.6 – Устройство реализации светового эффекта бегущих огней

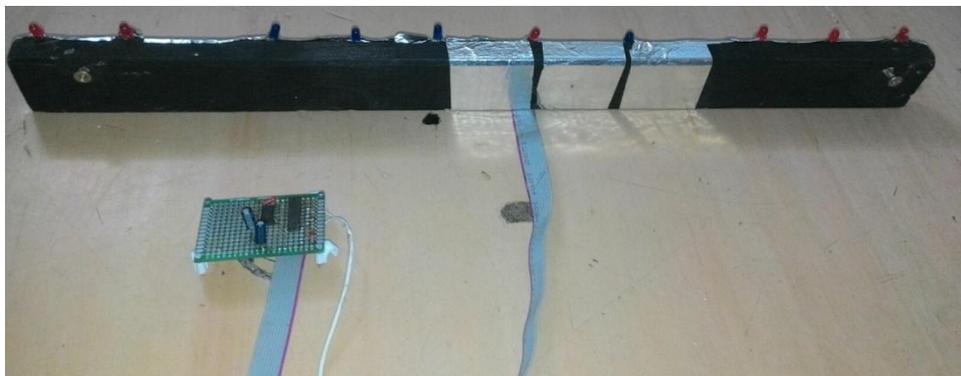


Рисунок 6.7– Устройство реализации светового эффекта бегущих огней и деревянной планки со светодиодами

Заключение

В результате проделанной работы были получены следующие результаты:

- 1) произведен обзор с учетом достоинств и недостатков, имеющихся на рынке датчиков СУ;
- 2) исходя из требований к комплексу были выбраны датчики СУ;
- 3) была разработана СУ на основе контроллера ArduinoMega2560, датчиков обратной связи и драйверов двигателей;
- 4) разработана структурная схема комплекса;
- 5) разработана электрическая функциональная схема комплекса;
- 6) разработана печатная плата управления светодиодами.

Разработка и непосредственно сборка готового учебного стенда "Автоматизированный транспортной-складской комплекс" длилась на протяжении всего учебного года. В результате мы получили законченный проект гибкой производственной системы, который можно и дальше улучшать и добавлять новые модули. Лично мои функции при работе над проектом включали в себя: разработка общего представления работы, пайка и коммутация проводов и элементов комплекса, разработка структурной и схемы, проверка работоспособности выбранных модулей, проверка целостности цепей.

За время работы над комплексом были получены дополнительные практические навыки работы с паяльным оборудованием и измерительными приборами. Кроме того, теоретические знания, полученные за время обучения в университете, нашли свое практическое применение.

Данный стенд предназначен для показа на всевозможных выставках, а также для наглядного представления практической реализации возможностей современных микроконтроллеров и привлечения абитуриентов на технические специальности.

Список использованной литературы

1. Лучший робототехнический набор LegoMindstorms EV3 [Электронный ресурс]. URL: http://prorobot.ru/lego/nxt_ev3.php (дата обращения: 5.03.2016).
2. Канцедал, С.А. Алгоритмизация и программирование : Учебное пособие / С.А. Канцедал. - М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 352 с.
3. Головин, И.Г. Языки и методы программирования: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / И.Г. Головин, И.А. Волкова. - М.: ИЦ Академия, 2012. - 304 с.
4. Брукс, Ф. Проектирование процесса проектирования: записки компьютерного эксперта / Ф. Брукс; Пер. с англ. К.А. Птицын. - М.: Вильямс, 2013. - 464 с.
5. Гришин, А.В. Промышленные информационные системы и сети: практическое руководство / А.В. Гришин. - М.: Радио и связь, 2010. - 176 с.
6. Лавровская, О.Б. Технические средства информатизации. Практикум: Учебное пособие для студ. учреждений сред.проф. образования / О.Б. Лавровская. - М.: ИЦ Академия, 2012. - 208 с.
7. Гребенюк, Е.И. Технические средства информатизации: Учебник для студентов среднего профессионального образования / Е.И. Гребенюк, Н.А. Гребенюк. - М.: ИЦ Академия, 2011. - 352 с.
8. Петрова, А.М. Автоматическое управление: Учебное пособие / А.М. Петрова. - М.: Форум, 2010. - 240 с.
9. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учебник для бакалавров / Л.А. Бессонов. - М.: Юрайт, 2013. - 701 с.
10. Городин, Е.М. Основы автоматики и вычислительной техники / Е.М. Гордин, Ю.Ш. Митник. - М.: Машиностроение, 1978. 250 с.
11. Схема подключения TCRT5000 к Arduino [Электронный ресурс]. URL: http://arduino55.ru/index.php?route=record/record&record_id=68 (дата обращения: 21.03.2016).
12. Партала, О.Н. Цифровая электроника / О.Н. Партала. - М.: Наука, 2001. - 224 с.

13. Сервоприводы [Электронный ресурс]. URL: <http://wiki.amperka.ru/робототехника:сервоприводы>(дата обращения: 03.05.2016).
14. Платы и модули -Arduino [Электронный ресурс]. URL: <http://amperka.ru/collection/arduino> (дата обращения: 21.03.2016).
15. Arduino [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino> (дата обращения: 6.04.2016).
16. Что такое Arduino [Электронный ресурс]. URL: <http://amperka.ru/page/what-is-arduino> (дата обращения: 11.04.2016).
17. Brick-4 Channel Power Fet Switch[Электронныйресурс]. URL: <http://arduino-info.wikispaces.com/Brick-4ChannelPowerFetSwitch/> (датаобращения: 3.04.2016).
18. Модуль драйвера двигателей L298N и Arduino [Электронный ресурс]. URL: http://zelectro.cc/Motor_shield_L298N_Arduino (датаобращения: 12.03.2016).
19. Отличия коллекторных и бесколлекторных моторов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rc-club.by/forum/threads/1626/>(датаобращения: 4.05.2016).
20. Особенности подбора мотор-редуктора.[Электронный ресурс]. URL: <http://a-eng.ru/osobennosti-podbora-motor-reduktora/> (дата обращения: 3.05.2016).