

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

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ
(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»
(кафедра)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Промышленная электроника
(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Проектирование системы управлением доступа автотранспорта

Студент	<u>М.А. Чернов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>М.В. Позднов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>О.А. Парфенова</u> (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)

« _____ » _____ 20 _____ Г.

Тольятти 2019

Содержание

Введение	4
1 Обзорная часть	5
1.1 Состояние вопроса	5
1.2 Анализ рынка	6
1.3 Выбор электрических компонентов.....	10
2 Проектно-расчётный раздел	24
2.1 Общее описание схемы	24
1.2 Расчёт делителя напряжения	25
2.3 Вторичная система питания	27
3 Конструкторско-технологический раздел.....	36
3.1 Решения в конструкции печатной платы.....	36
4 Программный раздел	38
4.1 Общий алгоритм работы	38
4.2 Алгоритм открытия шлагбаума	39
4.3 Алгоритм закрытия шлагбаума.....	41
4.4 Код программы.....	42
5 Методический раздел	46
Заключение.....	47
Список используемой литературы	48

Аннотация

Объём 50 с., 40 рис., 14 табл., 24 источника

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ШЛАГБАУМ, БЛОК УПРАВЛЕНИЯ, ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА, ПЕЧАТНАЯ ПЛАТА, СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЁЖ, ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ

Объектом выпускной работы является автоматический шлагбаум, являющийся системой управления доступом автотранспорта.

Цель работы заключается в исследовании автоматического шлагбаума, частичной разработке блока управления, в целях упрощения и удешевления конструкции, а так же его программирования.

Задачи работы:

1. Анализ рынка
2. Формулировка требований к разрабатываемой части
3. Анализ исходных данных и известных решений
4. Подбор электрических элементов
5. Разработка и расчёт электрической схемы устройства
6. Разработка печатной платы устройства
7. Программирование устройства
8. Оформление пояснительной записки и плакатов

Выпускная работа состоит из 4 глав, в которых решаются поставленные задачи:

- 1) Обзорная часть
- 2) Проектно-расчётный раздел
- 3) Конструкторско-технологический раздел
- 4) Программный раздел

Для программирования и отладки использовался программный пакет Arduino IDE.

Для разработки графического материала использовался программный пакет Compass3D.

По итогу выпускной работы поставленные задачи были достигнуты в вышеупомянутых разделах. В частности разработан надёжный, простой и конкурентно способный блок управления, составлен алгоритм работы установки, и написана рабочая программа его работы, разработаны необходимые графические материалы, такие как принципиальная электрическая схема, печатная плата, сборочный чертёж блока управления.

Abstract

The title of the graduation project is Vehicle Access Control System Design.

The object of the graduation work is an automatic barrier, namely the access control system of vehicles.

The purpose of the work is to research the automatic barrier, the development of the control block, in order to simplify and reduce the cost, as well as programming.

The tasks of the work are to study the automatic barrier device, and the control block, develop the control schematic diagram, design the control printed circuit board, justify the selection of the necessary electronic components for it, draw up a manual for the safe operation of the facility.

The graduation work consists of 4 chapters:

- 1) Overview
- 2) Design part
- 3) Design and technological part
- 4) Software part

For programming and debugging, the Arduino IDE software was used.

For the development of graphic material software package Compass-3D was used.

In conclusion, it should be highlighted that in the course of the graduation work, the assigned tasks were completed in the above sections. In particular, a reliable, simple and competitively capable control block was developed, an object operation algorithm was compiled, and a work program was written, necessary graphic materials were developed, such as a schematic diagram, a printed circuit board and an assembly drawing of a control block.

Введение.

Согласно [1] в современном мире спросом пользуются автоматизированные технологии, способные работать без участия человека. Они требуют меньших затрат на содержание и способны эксплуатироваться непрерывно в любые погодные условия.

Данная тенденция затронула все сферы жизни, в том числе и системы контроля доступа.

Для реализации пропускного режима используют автоматические шлагбаумы, ворота, барьеры.

Наибольшее распространение получили автоматические шлагбаумы, за счёт следующих преимуществ перед альтернативными технологиями:

- Существенно меньше время открытия/закрытия
- Менее массивные комплектующие
- Более удобная установка

Автоматические шлагбаумы устанавливают у въездов на территорию предприятия, автостоянки, дворовые территории. Однако, все составляющие автоматического шлагбаума и его установка являются дорогостоящими, что не позволяет устанавливать их в необходимых местах с невысоким количеством пользователей.

Данная работа призвана частично решить данную проблему.

1 Обзорная часть.

1.1 Состояние вопроса.

На данный момент на рынке представлены автоматические шлагбаумы двух типов:

1. Гидравлические
2. Электромеханические

В первом случае движущей силой является гидравлика, поддерживаемая балансирующей пружиной. Во втором случае - движущей силой является электродвигатель, связанный со стрелой понижающим редуктором.

Гидравлические шлагбаумы отличаются большей надёжностью, меньшим износом и возможностью оперировать стрелой большей длины. Однако электромеханический тип распространены гораздо шире по причине большей простоты и низкой цены, относительно другого типа.

Стандартная комплектация электромеханического шлагбаума выглядит следующим образом:

- Стойка
- Стрела (возможно опора)
- Светоотражающие элементы
- Двигатель
- Редуктор
- Блок управления

Стрелы шлагбаума изготавливаются трёх видов:

1. Квадратная
2. Прямоугольная
3. Круглая

Первые две конфигурации являются стандартными, третья используется при сильных ветровых нагрузках.

Существует много способов управления автоматическим шлагбаумом.

1) Автоматический шлагбаум с кнопкой управления.

Подходит для территорий, где перед въездом охраннику необходимо проверить документы проезжающего и непосредственно после этого открыть проезд.

2) Автоматический шлагбаум с использованием карты или брелка.

Подходит для частных стоянок или стоянок у предприятий. Где необходимо предоставить доступ на территорию конкретному человеку, путём выдачи специальной карты-ключа. Система является полностью автономной.

3) Автоматический шлагбаум с использованием радиобрелка.

Данная система также подходит для частных стоянок или стоянок у предприятий. Где необходимо предоставить доступ на территорию

конкретному человеку, путём выдачи специального радиобрелка. Однако, радиобрелок более дорогой в исполнении, чем магнитная карта-ключ, но в то же время более удобный. Система является полностью автономной.

4) Автоматический шлагбаум, управляемый звонком с телефона.

Данный вариант реализации подходит для допуска транспорта на территорию многоквартирных домов. Номер жильца записывается в «белый лист» управляющего блока, который при звонке разрешённого номера открывает шлагбаум. Система полностью автономна.

5) Автоматический шлагбаум с контролем по номерам.

Данная система подходит для предприятий. При подъезде машины, система управления при помощи камеры «считывает» номер машины и, если он находится в «белом листе», проезд разрешается.

В данном варианте возможно составление отчёта с указанием времени въезда/выезда каждой машины.

Во всех рассмотренных случаях за отслеживание сигнала к открытию и корректную работу подъёмного механизма отвечает блок управления.

В данной работе исследуется и частично разрабатывается и программируется блок управления с невысокой стоимостью, высокой ремонтопригодностью, стойкостью к суровым климатическим условиям.

1.2 Анализ рынка.

На рынке автоматических шлагбаумов на данный момент присутствует много различных производителей по всему миру, но наиболее популярными являются:

- Came
- DoorHan
- FAAC
- Comunello

Ниже рассмотрены самые популярные модели автоматических шлагбаумов каждой фирмы.

1) Came Gard 3750.

В шлагбауме Came Gard 3750, представлен на рисунке 1, реализован способ управления посредством кнопки.

Технические параметры данного шлагбаума приведены в таблице 1.

Цена Came Gard 3750 равна 60 000 рублей. В том числе блок управления стоимостью 12 000 рублей.



Рисунок 1 - Шлагбаум Came Gard 3750

Таблица 1 - Характеристики Came Gard 3750

Параметр	Значение	Ед. измерения
Напряжение питания двигателя	24	В
Максимальный ток потребления двигателя	15	А
Максимальная мощность	300	Вт
Крутящий момент	200	Н*м
Передаточное отношение	1/200	
Длина стрелы	4	м
Время открытия	2	с
Время закрытия	6	
Рабочая температура	от -20 до +50	°С
Класс защиты	IP54	-

2) DoorHan Barrier-PRO 4000.

В шлагбауме DoorHan Barrier-PRO 4000, представлен на рисунке 2, реализованы несколько режимов работы, в частности автоматический, полуавтоматический и ручной.

Технические параметры данного шлагбаума приведены в таблице 2.

Цена DoorHan Barrier-PRO 4000 равна 41 000 рублей. В том числе блок управления стоимостью 6 000 рублей.



Рисунок 2 - Шлагбаум DoorHan Barrier-PRO 4000

Таблица 2 - Характеристики DoorHan Barrier-PRO 4000

Параметр	Значение	Ед. измерения
Напряжение питания двигателя	220	В
Максимальный ток потребления двигателя	1,1	А
Максимальная мощность	300	Вт
Длина стрелы	4	м
Время открытия	6	с
Время закрытия	2	
Рабочая температура	от -40 до +55	°С
Класс защиты	IP54	-

3) FAAC 617/4.

В шлагбауме FAAC 617/4, представлен на рисунке 3, реализованы несколько режимов работы, в частности автоматический, полуавтоматический и ручной.

Технические параметры данного шлагбаума приведены в таблице 3.

Цена FAAC 617/4 равна 85 000 рублей. В том числе блок управления стоимостью 9 000 рублей.



Рисунок 3 - Шлагбаум FAAC 617/4

Таблица 3 - Характеристики FAAC 617/4

Параметр	Значение	Ед. измерения
Напряжение питания двигателя	220	В
Максимальный ток потребления двигателя	1,1	А
Максимальная мощность	315	Вт
Крутящий момент	100	Н*м
Передаточное отношение	1/250	
Длина стрелы	4	м
Время открытия	4	с
Время закрытия	4	

Рабочая температура	от -20 до +55	°С
Класс защиты	IP54	-

4) Comunello Limit 500/4.

В шлагбауме Comunello Limit 500/4, представлен на рисунке 4, реализованы несколько режимов работы, в частности автоматический, полуавтоматический и ручной.

Технические параметры данного шлагбаума приведены в таблице 4.

Цена Comunello Limit 500/4 равна 55 000 рублей. В том числе Блок управления стоимостью 12 000 рублей.



Рисунок 4 - Шлагбаум Comunello Limit 500/4

Таблица 4 - Характеристики Comunello Limit 500/4

Параметр	Значение	Ед. измерения
Напряжение питания двигателя	220	В
Максимальный ток потребления двигателя	1,1	А
Максимальная мощность	150	Вт
Крутящий момент	300	Н*м
Передаточное отношение	1/250	
Длина стрелы	4	м
Время открытия	5	с
Время закрытия	5	
Рабочая температура	от -20 до +50	°С
Класс защиты	IP44	-

Для удобства сравнения существующих цен на рынке с ценами на рассчитанные в данной работе объекты, цены на основные элементы сведены в таблицу 5.

Таблица 5 - Базовые комплектующие

Модель шлагбаума	Мотор-редуктор		Блок управления		Корпус		Стрела	
	Модель	Цена	Модель	Цена	Модель	Цена	Модель	Цена
Came Gard 3750	119RIG1	46000	3199ZL 37F	12000	119RIG 056	36000	009G 040	3000
FAAC 617/4	FAAC 6300059	34000	FAAC 790281	9000	RAL9006630	33000	FAAC 428061	7500
DoorHan Barrier-PRO 4000	BR10	14000	PCB-SL NEW	6000	B.CASE-WP	9500	DoorHan BOOM-4	4000
Comunello Limit 500/4	RG30785	45500	SCULT HP2L	12000	RG21352R	29500	LTB4	3000

1.3 Выбор электрических компонентов.

1.3.1 Бесщёточный драйвер бесколлекторного двигателя постоянного тока - BLD-300В.

Так как в качестве движущей силы используется бесщёточный двигатель постоянного тока [4], [5], [22] то подбираем необходимый способ управления.

Двигателями постоянного тока можно управлять различными способами, однако лучшим решением будет использование драйвера. Их существует огромное количество, и в ходе исследовательской работы был выявлен лучший вариант, выигрывающий у аналогов в цене, надёжности, но в то же время имеющий все необходимые функции. Им стал BLD-300В (Brushless DC motor driver) [2], [23].

BLD-300В - трёхфазный драйвер бесколлекторных двигателей постоянного тока, обеспечивающий выходную мощность 300 ВА.

Драйвер реализован на современном цифровом сигнальном процессоре (ЦСП) и обеспечивает высокий крутящий момент, низкий уровень шума и вибраций.

Драйвер имеет семнадцать разъёмов, встроенные потенциометры для регулирования скорости и ограничения выходного тока, а так же светодиоды для индикации.

Изображение драйвера представлено на рисунке 5.

Схема клеммных соединений представлена на рисунке 6.

Электрические параметры драйвера представлены в таблице 6.



Рисунок 5 - Драйвер BLD-300B

Таблица 6 - Электрические параметры драйвера BLD-300B

Параметр	Значение	Ед. измерения
Входное постоянное напряжение:		
Минимальное	18	В
Номинальное	48	
Максимальное	56	
Выходной ток:		
Номинальный	15	А
Максимальные	35	
Постоянное напряжение для датчика Холла	5	В
Логический уровень EN:		
Низкий	от -10 до 0.5	В
Высокий	от 3 до 30	
Логический уровень F/R:		
Низкий	от -10 до 0.5	В
Высокий	от 3 до 30	
Логический уровень ВК:		
Низкий	от -10 до 0.5	В
Высокий	от 3 до 30	
Логический уровень PG:		
Низкий	от -10 до 0.5	В
Высокий	от 3 до 30	
Логический уровень для датчика Холла	от 0 до 5	В
Поддерживаемая скорость вращения	от 0 до 20000	Об/мин
Расположение датчика Холла	120/240	°
Рабочая температура	от -10 до +50	°С

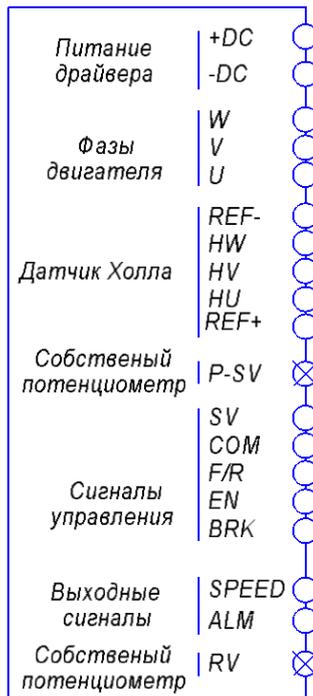


Рисунок 6 - Схема клеммных соединений драйвера BLD-300B

Функциональные назначения клемм следующие:

- «+DC» и «-DC» предназначены для питания драйвера источником постоянного тока.
- «W», «V», «U» предназначены для подключения к драйверу фаз «А», «В», «С» двигателя соответственно.
- «REF+» и REF-» предназначены для питания датчика Холла от драйвера.
- «HW», «HV», «HU» предназначены для подключения к драйверу фаз «А», «В», «С» датчика Холла соответственно.
- «P-SV» является внутренним потенциометром, который предназначен для ограничения выходного тока в диапазоне от 3 до 15 А, в соответствии с рисунком 7. При внезапном увеличении нагрузки, выходной ток ограничится установленным значением, что уменьшит скорость двигателя и защитит его от повреждений. При наличии повышенной нагрузки в течении трёх секунд драйвер отключится, после 5 секунд выполнится функция перезапуска. При сохранении аварийной ситуации, выдаётся сигнал тревоги и драйвер отключается.

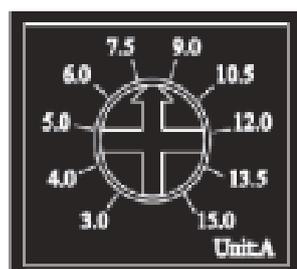


Рисунок 7 - Шкала ограничения выходного тока.

- «SV» предназначена для подключения внешнего способа контроля скорости. С помощью потенциометра, внешних аналоговых или цифровых сигналов.
- «COM» является общим низким уровнем.
- «F/R» задает, будет двигатель вращаться по часовой стрелке или против часовой стрелки. По часовой при высоком уровне. Против часовой при низком уровне.
- «EN» запускает двигатель, при низком уровне на клемме или останавливает его при высоком уровне.
- «BRK» предназначена для экстренной остановки двигателя. При высоком уровне на клемме двигатель быстро остановится.
- «SPEED» исходящий сигнал, который позволяет определить скорость, с которой вращается двигатель, по формуле 1.

$$N = \frac{\frac{F}{P} * 60}{3} \quad (1), \text{ где}$$

F - Частота выходного импульса в Гц
P - Количество пар полюсов в двигателе
N - Скорость вращения двигателя

- «ALM» исходящий сигнал, который позволяет отслеживать ошибки и аварии в работе драйвера. При +5В - работа стабильна, при 0В - в работе произошёл сбой.
- «RV» является внутренним потенциометром, служащим для регулирования скорости вращения двигателя

В работе с драйвером BLD-300В существует четыре способа регулировки скорости вращения.

1) Управление скоростью с помощью встроенного потенциометра «RV».

При вращении по часовой стрелке до щелчка, двигатель начинает свою работу. Дальнейшее вращение по часовой стрелке будет увеличивать скорость.

При вращении против часовой стрелки, двигатель будет замедляться. Если повернуть потенциометр против часовой стрелки до щелчка, то двигатель остановит свою работу.

Зависимость скорости вращения двигателя от положения потенциометра «RV» представлена на рисунке 8.

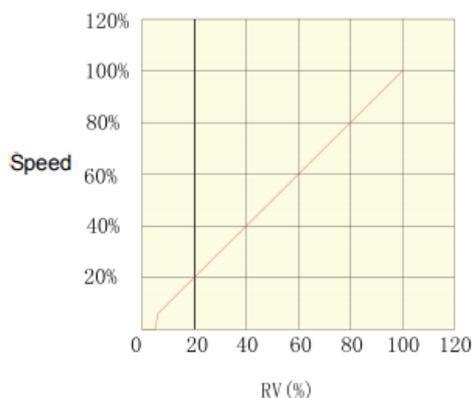


Рисунок 8 - Диаграмма зависимость скорости вращения от положения потенциометра

2) Управление скоростью с помощью внешнего потенциометра.

При выборе этого способа регулирования, необходимо использовать потенциометр с сопротивлением равным 10кОм.

Средний вывод потенциометра подключается к клемме драйвера «SV», а остальные два к клеммам «REF+» и «COM», в соответствии с рисунком 9.

Важно, чтобы встроенный потенциометр «RV» был отключен - в крайнем левом положении.

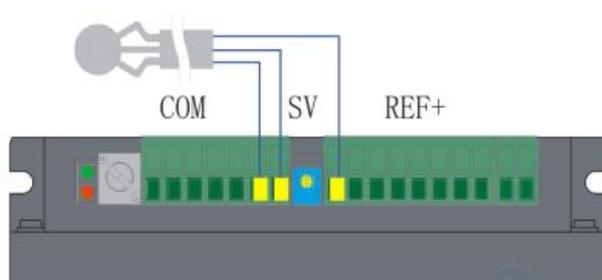


Рисунок 9 - Схема подключения внешнего потенциометра

3) Регулирование скорости с помощью внешнего аналогового сигнала.

При использовании данного способа контроля скорости, необходимо, чтобы встроенный потенциометр «RV» был отключен - находился в крайнем левом положении.

Регулирование происходит посредством подачи необходимого постоянного напряжения от 0 до 5 В.

Зависимость скорости от напряжения представлена на рисунке 10. Максимальная скорость зависит от двигателя и напряжения питания.

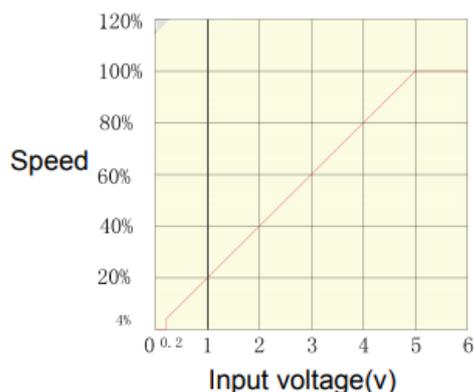


Рисунок 10 - Диаграмма зависимости скорости вращения от напряжения аналогового сигнала

Подключение источника аналогового сигнала необходимо производить в соответствии с рисунком 11.

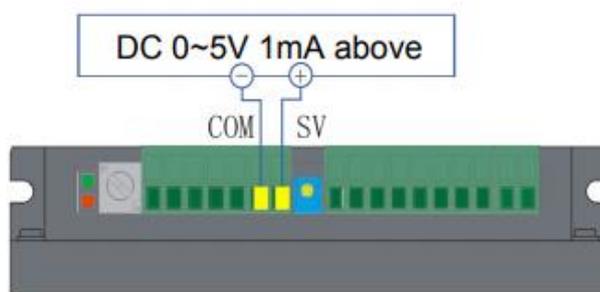


Рисунок 11 - Схема подключения источника внешнего аналогового сигнала

4) Регулирование скорости с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

При использовании данного способа контроля скорости, необходимо, чтобы встроенный потенциометр «RV» был отключен - находился в крайнем левом положении.

Подключение источника ШИМ производится в соответствии с рисунком 12.

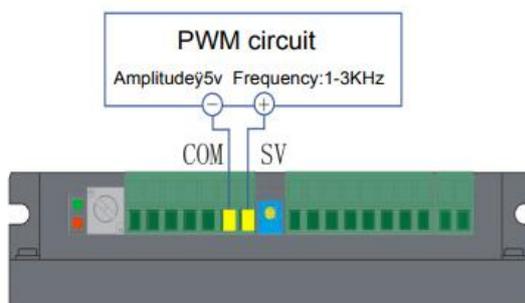


Рисунок 12 - Схема подключения источника ШИМ сигнала

Регулирование происходит посредством изменения коэффициента заполнения сигнала, в соответствии с рисунком 13.

Коэффициент заполнения можно найти по формуле 1.

$$k = \frac{T_{on}}{T} \quad (1), \text{ где}$$

$T = T_{on} + T_{off}$ - период сигнала

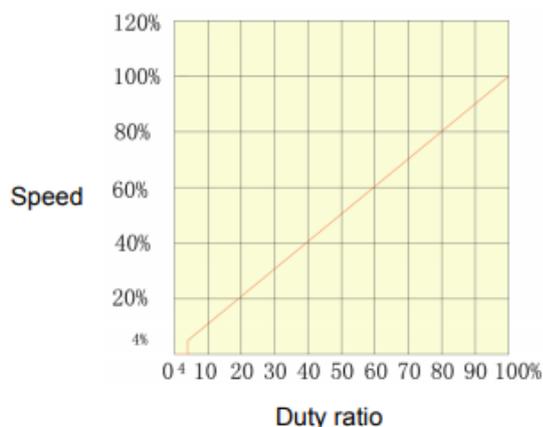


Рисунок 13 - Диаграмма зависимости скорости вращения от коэффициента заполнения

При максимальном заполнении скорость двигателя максимальна и зависит от параметров двигателя и напряжения питания.

В драйвере BLD-300В реализована индикация возникающих ошибок и аварий, что упрощает диагностирование и устранение неполадок в соответствии с таблице 7.

При ошибке начинает моргать красный светодиод «ALM», сигнализируя код ошибки в соответствии с рисунком 14.

Таблица 7 - Таблица идентификации ошибок в работе драйвера

Индикация	Описание	Решение
Красный светодиод моргнул два раза	Превышено максимальное напряжение	Устранить причину повышенного напряжения
Красный светодиод моргнул три раза	Превышен максимальный ток	Проверить настройки «P-SV», проверить параметры двигателя
Красный светодиод моргнул четыре раза	Превышено минимальное напряжение	Проверить источник напряжения
Красный светодиод моргнул пять раз	Ошибка датчика Холла	Проверить корректность подключения двигателя
Красный светодиод моргнул шесть раз	Заблокирован ротор	Проверить, не является ли нагрузка на двигатель чрезмерной
Красный светодиод моргнул семь раз	Две или больше ошибок	Комплексное решение

Alarm indication	State description	(LED)Detailed explanation
Red Led blink twice	Over voltage alarm	
Red Led blink 3 times	Power tube over current alarm	
Red Led blink 4 times	Over current alarm	
Red Led blink 5 times	Under voltage alarm	
Red Led blink 6 times	Hall alarm	
Red Led blink 7 times	Locked-rotor alarm	
Red Led blink 8 times	Two or more alarms	

Рисунок 14 - Сигнализация статуса ошибки

1.3.2 Плата Arduino Nano 3.0 [6].

Так как был выбран вариант регулировки скоростью вращения двигателя с помощью внешнего аналогового сигнала, то необходимо выбрать источник этого сигнала. Так же, для экономии и простоты устройства, необходимо, чтобы то же оборудование выполняло все логические обработки.

В связи с чем идеальным инструментом стала платформа Arduino.

Arduino - это инструмент для проектирования электронных устройств. Применяется для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными устройствами. Проекты устройств, основанные на Arduino, могут работать самостоятельно или взаимодействовать с программным обеспечением на компьютере.

Была выбрана плата Nano, изображённая на рисунке 15, поскольку по совокупности характеристик: цена, качество, размер, функциональность, надёжность - она лидирует среди остальных.



Рисунок 15 - Плата Arduino Nano 3.0

Питание Arduino Nano может получать тремя способами:

- 1) Через подключение Mini-B USB
 - 2) От нерегулируемого источника 6-20 В, при использовании вывода 30 (VIN)
 - 3) От регулируемого источника 5 В, при использовании вывода 27 (+5V)
- При подключении нескольких источников, автоматически выбирается самый мощный.

Платформа Nano имеет 14 цифровых выводов (D0-D13), каждый из которых может использоваться как вход, так и выход.

Некоторые выводы имеют специальные назначения:

- D0 (RX) и D1 (TX) - последовательная шина. Используются для получения и передачи данных TTL, соответственно.
- D2 и D3 - внешнее прерывание. Используются для вызова прерывания либо на младшем значении, либо на переднем или заднем фронте, либо при изменении значения.
- D3, D5, D6, D9, D10 и D11 - ШИМ. Используются для ШИМ с разрешением 8 бит.

Вместе с цифровыми выводами данная платформа имеет 8 аналоговых выводов, каждый разрешением 10 бит, способный принимать 1024 различных значения. По умолчанию измерения производятся в диапазоне до 5В относительно земли, но имеется возможность изменить верхний предел.

Так же платформа имеет два особых вывода:

- 1) AREF (18) - Используется для подключения опорного напряжения для аналоговых выводов.
- 2) Reset (3, 28) - Используется для подключения отдельной кнопки перезагрузки микроконтроллера.

Полная распиновка платы Arduino Nano 3.0 представлена на рисунке 16.

Электрические характеристики платы Arduino Nano 3.0 представлены в таблице 8.

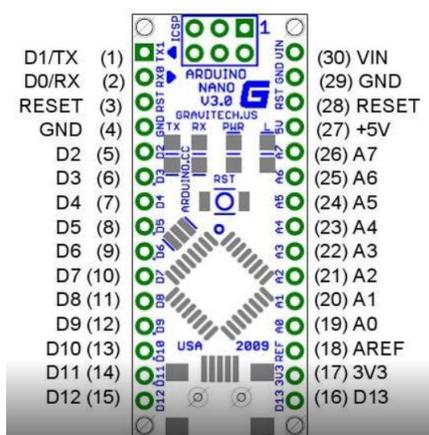


Рисунок 16 - Схема выводов платы

Таблица 8 - Электрические характеристики Arduino Nano 3.0

Параметр	Значение	Ед. измерения
Логический уровень работы:		
Низкий	0	В
Высокий	5	
Входное напряжение:	5 или 6 - 20	В
Постоянный ток через входы/выходы	40	мА
Объём флеш-памяти	32	Кб
ОЗУ	2	Кб
EEPROM	1	Кб
Тактовая частота	16	МГц
Рабочая температура	от -40 до +85	°С

Программирование осуществляется посредством собственного программного обеспечения Arduino IDE.

Язык программирования основан на языках высокого уровня C/C++.

1.3.3 GSM - модуль SIM800L.

GSM модули используются в различных сферах, где требуется дистанционное управление, оповещение чем-либо, посредством смс, Bluetooth, голосовых вызовов.

Существует огромное количество разновидностей GSM модулей.

Для данной работы был выбран модуль SIM800L [7], представленный на рисунке 17. Поскольку по совокупности характеристик стал лучшим вариантом.



Рисунок 17 - Модуль SIM800L

В модуле SIM800L за GSM/GPRS связь отвечает 4-диапазонный приёмопередатчик RF7198, работающий на GSM850, GSM900, DCS1800 и PCS1900.

Для работы потребуется действующая SIM-карта формата microSIM.

Модуль предусматривает подключение микрофона и динамика.

Функциональные значения выводов, схема которых представлена на рисунке 18, следующие:

- RING - вывод для подключения входящего вызова

- DTR - вывод для вывода модуля из спящего режима
- MICP и MICN - выводы для подключения микрофона
- SPKP и SPKN - выводы для подключения динамика
- NET - вывод для подключения антенны
- VCC и GND - вывод для подключения питания
- RST - вывод для подключения внешней перезагрузки
- RXD и TXD - выводы для обмена информации посредством UART

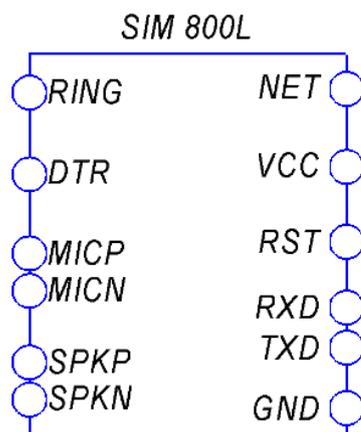


Рисунок 18 - Схема выводов модуля

Для питания модулю необходимо напряжение в диапазоне 3,4 - 4,5 В, в соответствии с рисунком 19, что является нестандартным напряжением для Arduino Nano, у которой напряжения 5 и 3,3 В. Так же модулю необходим ток равный 2А. Поэтому запитать модуль от Arduino нельзя.

При превышении минимального значения напряжения или превышении максимального значения, модуль выдаёт соответствующее сообщение об ошибке. Тоже самое происходит при критических значениях температуры.

Полные электрические параметры модуля приведены в таблице 9.

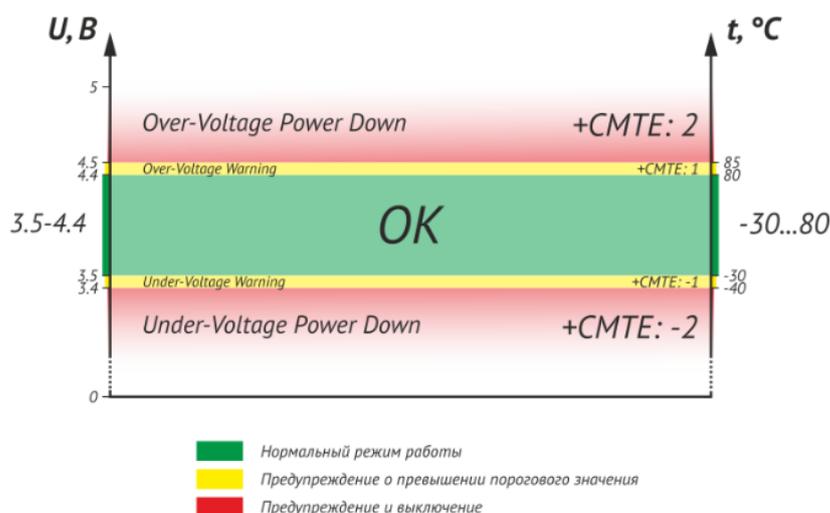


Рисунок 19 - График критических значения напряжения и температуры

Таблица 9 - Электрические параметры модуля

Параметр	Значение	Ед. измерения
Напряжение питания	от 3,4 до 4,5	В
Максимальный входной ток	2	А
Логический уровень пинов входа: Низкий Высокий	от -0.3 до 0.7 от 2.1 до 3.1	В
Логический уровень пинов выхода: Низкий Высокий	0.4 от 2.4 до 2.8	В
Рабочая температура	от -30 до +75	°С

В основе работы модуля лежит метод передачи данных посредством UART [9], [10], [21].

Протокол UART (универсальный асинхронный приёмопередатчик) - самый распространенный физический протокол последовательной передачи данных. Основными рабочими линиями являются RX (принимающая) и TX (передающая).

Передача, показанная на рисунке 20 начинается с отправки «стартового» бита - логический ноль, за ним следуют биты байта информации, а заканчивается передача «стоп» битом - логическая единица. Так же иногда используется бит чётности, но не обязательно.



Рисунок 20 - Последовательная передача данных

Скорость передачи данных измеряется в битах в секунду или бодах. Стандартными скоростями являются 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 11520 бод.

1.3.4 Выбор дальномера.

Для определения расстояния до объекта можно использовать инфракрасные дальномеры или ультразвуковые.

И те и другие крайне просты в конструкции и использовании.

Однако, первые имеют существенные минусы:

- Инфракрасными дальномерами нельзя определить расстояние до матовых и прозрачных поверхностей.

• На показания инфракрасных дальномеров сильно влияет интенсивность свечения солнца и других источников инфракрасного излучения.

Ультразвуковые дальномеры лишены этих проблем, и потому выбор пал на них.

Среди всех ультразвуковых дальномеров был выбран HC-SR04 [11], представленный на рисунке 21, поскольку является лидером по совокупности ряда характеристик: простоты, надёжности, доступности.



Рисунок 21 - HC-SR04

Необходимое напряжение питания равно 5 В. Данный датчик можно запитать прямо от платы Arduino Nano.

Схема выводов датчика представлена на рисунке 22.

Электротехнические характеристики датчика представлены в таблице 10.

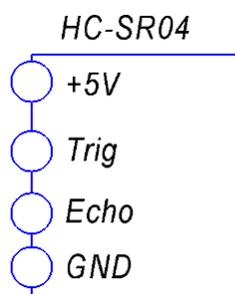


Рисунок 22 - Схема выводов датчика

Функциональные назначения выводов следующие:

- VCC - вывод для подключения положительного контакта питания
- Trig - цифровой вход, предназначенный для запуска измерения. Для чего необходимо подать логическую единицу на 10мкс.
- Echo - цифровой выход, предназначенный для считывания расстояния до объекта. На вывод подаётся логическая единица на время, пропорциональное расстоянию до объекта.

Таблица 10 - Электрические характеристики HC-SR04

Параметр	Значение	Ед. измерения
Напряжение питания	5	В
Входной ток	15	мА

Угол эффективного измерения	15	°
Измерительный угол	30	°
Диапазон измерения расстояний	2 - 400	см
Рабочая температура	от -30 до +80	°С

Оценить эффективное расстояние измерения можно по рисунку 23.

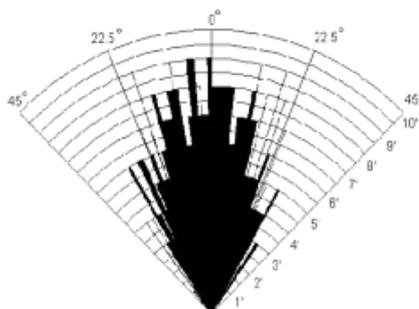


Рисунок 23 - Диаграмма направленности сигнала

2 Проектно-расчётный раздел.

2.1 Общее описание схемы.

Полностью укомплектованный автоматический шлагбаум можно разделить на две основные части: стрела и тумба.

Тумба в свою очередь делится на механическую и электронную части.

Структурная схема автоматического шлагбаума представлена на рисунке 24.

В данной работе исследуется и частично разрабатывается блок управления, структура которого выделена штрихпунктирной линией на рисунке 24.

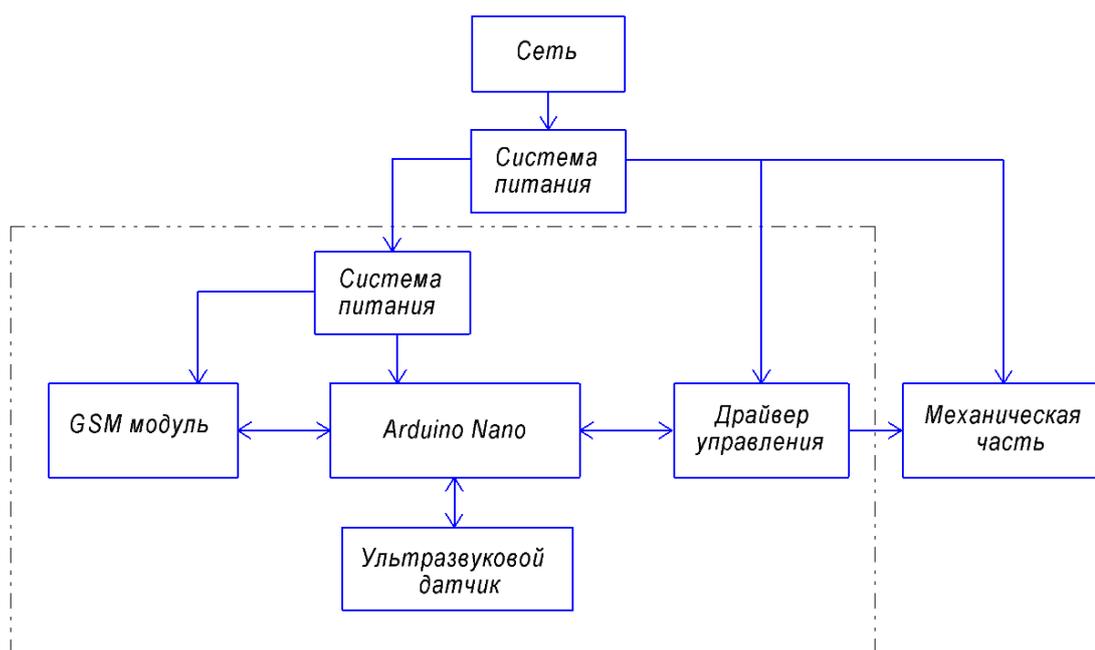


Рисунок 24 - Структурная схема автоматического шлагбаума

Вся система питается от сети напряжением 220В и частотой 50Гц, через первичную систему питания, которая осуществляет понижение напряжения 30В для подачи питания непосредственно на двигатель и драйвер, а так же на вторичную систему питания, которая в свою очередь осуществляет понижение до 12В, необходимых для питания Arduino (подключать такое напряжение необходимо через вывод VCC, т.к. в данном случае используется встроенный в Arduino стабилизатор напряжения), и 4В, необходимых для питания GSM-модуля.

GSM-модуль и Arduino обмениваются данными между собой посредством интерфейса UART, при помощи специальных AT-команд. Для корректного подключения необходимо соединить вывод модуля «RXD» с выводом Arduino «TX» обязательно через делитель напряжения и вывод «TXD» модуля с выводом «RX» Arduino.

Так же к цифровым выводам Arduino подключается ультразвуковой датчик. Необходимое питание в 5В датчик берёт непосредственно от вывода Arduino, работающего в режиме OUTPUT.

Вторичная система питания представлена понижающими схемами. Предварительная электрическая схема представлена на рисунке 25.

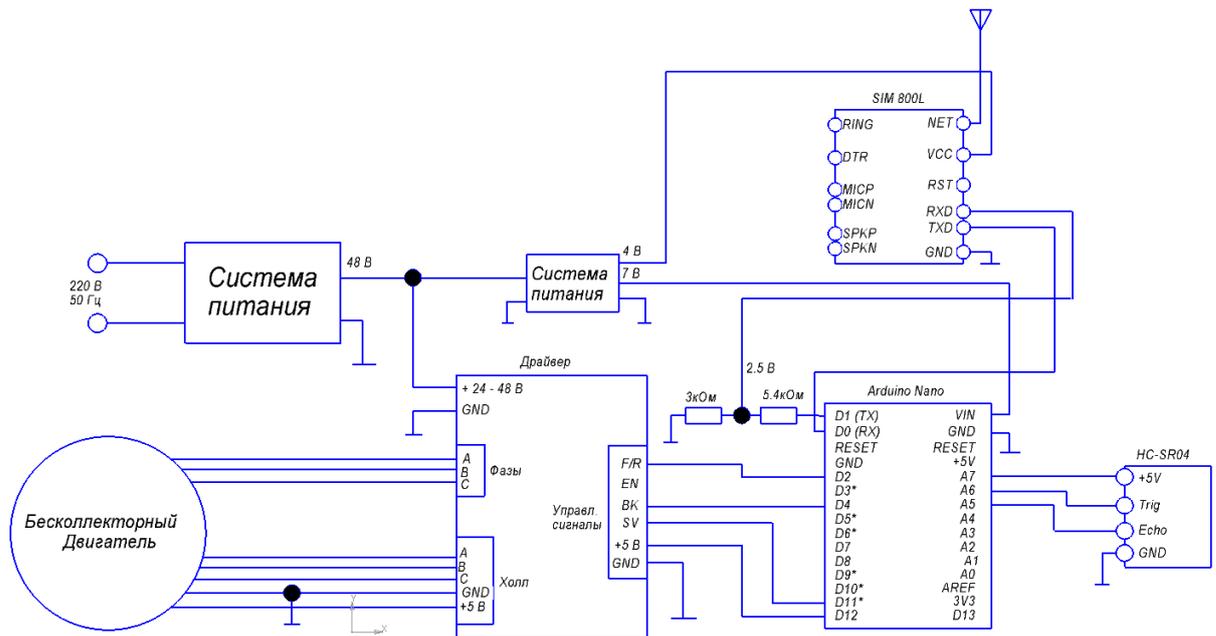


Рисунок 25 - Предварительная схема подключения

2.2 Расчёт делителя напряжения

Так как логический уровень единицы вывода «RXD» GSM-модуля в диапазоне от 2,1 до 3,1В, то при подключении вывода «TX» Arduino, логический уровень единицы которого 5В, необходимо использовать делитель напряжения [12], иначе GSM-модуль выйдет из строя.

Схематичные варианты изображения делителя приведены на рисунке 26.

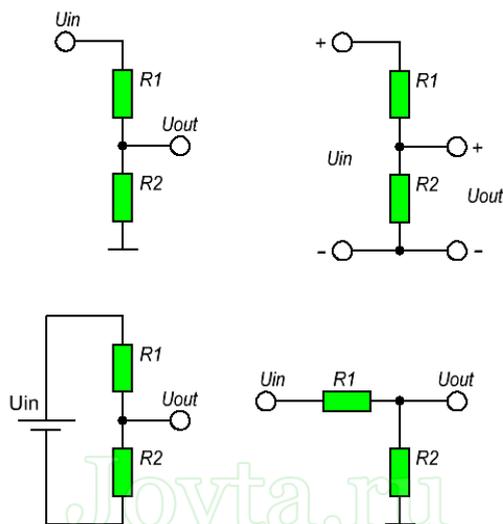


Рисунок 26 - Варианты схематичного изображения делителя

Общая формула делителя напряжения (2):

$$U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{ВХ}} * \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

Т.к. нам известно входное и выходное напряжение, 5В и 2,5В соответственно, то необходимо рассчитать номиналы резисторов, то формула принимает следующий вид (3):

$$\frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (3)$$

Подставляя значения и преобразовывая уравнение, получим:

$$\frac{2,5}{5} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$0,5 = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$0,5R_1 + 0,5R_2 = R_2$$

$$0,5R_1 = R_2 - 0,5R_2$$

$$0,5R_1 = 0,5R_2$$

Получаем, что резисторы должны быть одинаковых номиналов. Рекомендуемый диапазон от 1кОм до 10кОм.

Возьмём два резистора номиналом 2,4кОм.

Рассчитанный делитель напряжения представлен на рисунке 27.

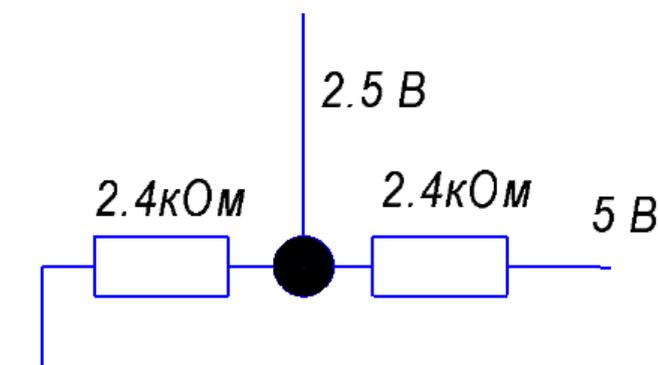


Рисунок 27 - Делитель напряжения

2.3 Вторичная система питания.

Для обеспечения электронных компонентов необходимым напряжением питания будем использовать регуляторы, основной единицей которых являются стабилизаторы напряжения.

Расчёты будем проводить согласно [3] и [13], [24].

Схема регулятора представлена на рисунке 28.

Конденсатор С1 ставится в схему, при условии, что устройство находится на расстоянии более 15см от предыдущего фильтра.

Конденсатор С2 необязателен, но он позволяет сгладить выходное напряжение.

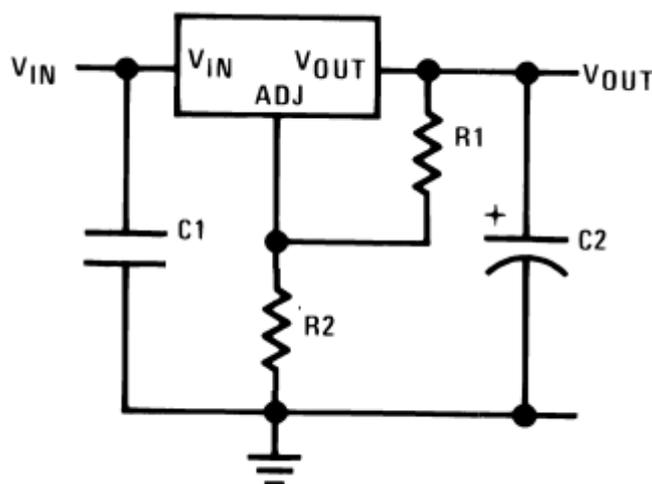


Рисунок 28 - Схема регулятора напряжения

Для расчёта необходимых номиналов сопротивлений воспользуемся формулой (4).

$$U_{\text{ВЫХ}} = 1.25 * \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad (4)$$

Известно входное и необходимое выходное напряжение для обоих случаев. В первом случае входное напряжение равно 24В, а выходное 12В. Во втором случае входное напряжение равно 12В, а выходное 4В.

Так же, в каждом регуляторе будет рассмотрено два режима потребления тока:

1. Дежурный режим потребления - 75 мА (первый регулятор) и 20 мА (второй регулятор)
2. Режим скачка потребления - 2.055 А (первый регулятор) и 2 А (второй регулятор)

Подставляем в формулу (4) данные для первого случая, преобразуем и получаем:

$$12 = 1.25 * 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$\frac{12}{1.25} - 1 = \frac{R_2}{R_1}$$

$$8.6 = \frac{R_2}{R_1}$$

Наиболее близко данное соотношение достигается при номиналах резисторов равных $R_2 = 2400$ Ом и $R_1 = 270$ Ом (соотношение в данном случае равно 8.8), следовательно, напряжение выхода:

$$U_{\text{вых}} = 1.25 * 1 + \frac{2400}{270} = 12,4 \text{ В}$$

Для сглаживания пульсация ставится стандартный конденсатор С2 ёмкостью 10мкФ.

Так как блок питания расположен на значительном расстоянии от источника питания, то ставится стандартный конденсатор С1 ёмкостью 10мкФ, для сглаживания помех, которые могут возникнуть по пути от источника питания.

Микросхема LMx17HV [14] имеет максимальный выходной ток в 1.5А, что будет недостаточно при кратковременном увеличении тока потребления SIM800L в момент входящего вызова, из-за чего стабилизатор выйдет из строя. Для увеличения пропускного тока нагрузки в схему ставится транзистор BD536 [15], изображённый на рисунке 29 и имеющий характеристики согласно таблице 11.



Рисунок 29 - Транзистор BD536

Таблица 11 - Характеристики транзистора BD536.

Параметр	Значение	Ед. измерения
Максимальное напряжение	60	В
Ток коллектора	8	А
Ток базы	1	А
Коэффициент усиления	25	-
Рабочая температура	от -65 до +150	°

Средний выходной ток является просуммированным током потребления всех электронных компонентов, питающихся от вторичной системы питания, которыми являются Arduino (40мА), SIM800L (20мА), HC-SR04 (15мА) и складывается из двух токов, в соответствии с формулой (4): тока, протекающего через транзистор и тока, протекающего через стабилизатор.

Средним напряжением является разница между входным и выходным напряжением.

$$I_{\text{ВЫХ}} = I_{\text{К}} + I_{\text{Б}} \quad (5)$$

Средний выходной ток всё время, кроме кратковременных скачков, будет равен $I_{\text{ВЫХ}} = 75 \text{ мА}$.

Ток коллектора и ток стабилизатора (ток базы) связаны соотношением по формуле (6).

$$h_{FE} = \frac{I_{\text{К}}}{I_{\text{Б}}} \quad (6), \text{ где}$$

h_{FE} - коэффициент усиления тока

У выбранного транзистора коэффициент усиления равен 100. Подставим уравнение (5) и данные в уравнение (6) и вычислим.

$$h_{FE} = \frac{I_{\text{ВЫХ}} - I_{\text{Б}}}{I_{\text{Б}}}$$

$$100 = \frac{0,075 - I_{\text{Б}}}{I_{\text{Б}}}$$

$$I_{\text{Б}} = \frac{0.075}{101} = 0.74 \text{ мА}$$

Отсюда ток коллектора равен $I_{\text{К}} = 0.075 - 0.00074 = 74.26 \text{ мА}$

В дополнении к транзистору необходимо поставить, включенный параллельно к выводам эмиттера и базы, резистор R1. Он необходим, для более быстрого закрытия транзистора в момент спада тока нагрузки. Номинал резистора рассчитываем по формуле (7).

$$R_1 = \frac{U_{6э}}{I_{R1}} \quad (7)$$

Минимальный ток, который должен протекать через стабилизатор берём из технической документации $I_{min} = 3.5$ мА. Данной ток складывается из тока базы транзистора $I_6 = 0.74$ мА и тока, протекающего через резистор R1, который находится по формуле (8).

$$I_{R1} = I_{min} - I_6 \quad (8)$$

Подставляем формулу (8) в формулу (7), и вычисляем.

$$R_1 = \frac{U_{6э}}{I_{min} - I_6} = \frac{0.5 \div 0.7}{0.0035 - 0.00074} = 182 \div 254 \text{ Ом}$$

Для обеспечения необходимого тока ставим резистор чуть меньшим номиналом, чем рассчитанный. Выберем резистор номиналом 160 Ом.

Определим ток, протекающий через резистор, имеющий сопротивление 160 Ом, по формуле (7), немного её преобразуя.

$$I_{R1} = \frac{U_{6э}}{R_1} = \frac{0.5 \div 0.7}{160} = 3.125 \div 4.375 \text{ мА}$$

Тогда ток, протекающий через стабилизатор, рассчитаем по формуле (9).

$$I_{стаб} = I_{R1} + I_6 \quad (9)$$

$$I_{стаб} = I_{R1} + I_6 = 3.125 \div 4.375 + 0.74 = 3.865 \div 5.115 \text{ мА}$$

Рассматривая момент скачка потребления тока GSM-модулем, получим:

$$I_{62} = \frac{2.055}{101} = 20.34 \text{ мА}$$

$$I_{к2} = 2.055 - 0.02034 = 2.035 \text{ А}$$

$$I_{стаб2} = I_{R1} + I_6 = 3.125 \div 4.375 + 20.34 = 23.465 \div 24.715 \text{ мА}$$

В обоих случаях ток, протекающий через стабилизатор не превышает максимальный выходной ток стабилизатора в 1.5А, из этого следует, что установка транзистора дала необходимые результаты.

Для дальнейших расчётов найдём средние значения токов.

$$I_{стаб} = 4.49 \text{ мА}$$

$$I_{\text{стаб2}} = 24.1 \text{ мА}$$

Рассчитанный регулятор напряжения на 12В представлен на рисунке 30.

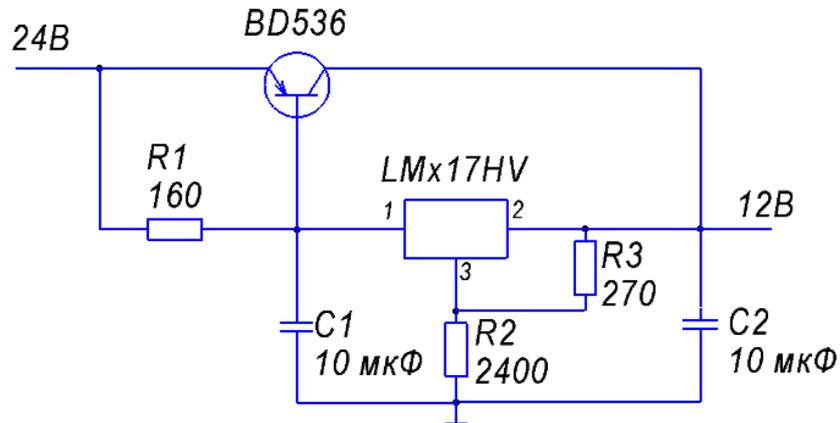


Рисунок 30 - Регулятор напряжения на 12В

В данном регуляторе используется стабилизатор LMx17HV, представленный на рисунке 31 и имеющий характеристики согласно таблице 12.



Рисунок 31 - Стабилизатор LMx17HV

Таблица 12 - Характеристики стабилизатора LMx17HV

Параметр	Значение	Ед. измерения
Входное напряжение	60	В
Выходное напряжение	от 1,2 до 50	В
Выходной ток	1,5	А
Рабочая температура	от -55 до 150	°С

Так же необходимо рассчитать мощность, которая рассеивается на стабилизаторе (10) и транзисторе (11), чтобы принять решение о необходимости установки теплоотвода.

$$P_{\text{стаб}} = I_{\text{стаб}} * U_{\text{ср}} \quad (10)$$

$$P_{\text{тран}} = I_{\text{к}} * U_{\text{кэ}} \quad (11)$$

Входное напряжение является практически постоянным и равняется 24В. Необходимое выходное напряжение равно 12В. Падающее напряжение находится по формуле (12).

$$U_{\text{ср}} = U_{\text{вх}} - U_{\text{вых}} \quad (12)$$

$$U_{\text{ср}} = U_{\text{вх}} - U_{\text{вых}} = 24 - 12 = 12 \text{ В}$$

Подставляем данные в формулы (10) и (11) и находим выделяемую мощность в дежурном режиме.

$$P_{\text{стаб}} = 0.00449 * 12 = 0.054 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{тран}} = 0.07426 * 12 = 0.89 \text{ Вт}$$

При рассеиваемой мощности менее 1Вт устанавливать теплоотвод нет необходимости.

Рассчитаем понижающий преобразователь до 4В.

Подставляя в формулу (4) данные для второго случая, получаем:

$$4 = 1.25 * \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$\frac{4}{1.25} - 1 = \frac{R_2}{R_1}$$

$$2.2 = \frac{R_2}{R_1}$$

Наиболее близко данное соотношение достигается при номиналах резисторов равных $R_2 = 510 \text{ Ом}$ и $R_1 = 220 \text{ Ом}$ (соотношение в данном случае равно 2.3), следовательно, напряжение выхода:

$$U_{\text{вых}} = 1.25 * \left(1 + \frac{510}{220} \right) = 4.125 \text{ В}$$

Так как данный регулятор предназначен для питания непосредственно SIM800L, то через него так же будут кратковременные скачки тока, а значит так же необходима установка транзистора и резистора в схему.

Для сглаживания пульсация ставится стандартный конденсатор С1 ёмкостью 10мкФ.

Минимальный ток, который должен протекать через стабилизатор берём из технической документации $I_{min} = 3.5$ мА.

Проведём расчёты, аналогичные расчётам выше по формулам (5) - (9).

$$I_6 = \frac{0.02}{101} = 0.198 \text{ мА}$$

$$R_1 = \frac{U_{6э}}{I_{min} - I_6} = \frac{0.5 \div 0.7}{0.0035 - 0.000198} = 151 \div 211 \text{ Ом}$$

Поставим резистор R1 номиналом 140 Ом.

$$I_{R1} = \frac{U_{6э}}{R_1} = \frac{0.5 \div 0.7}{140} = 3.57 \div 5 \text{ мА}$$

$$I_{стаб} = I_{R1} + I_6 = 3.57 \div 5 + 0.198 = 3.768 \div 5.198 \text{ мА}$$

Рассмотри случай скачка тока потребления:

$$I_{62} = \frac{2}{101} = 20 \text{ мА}$$

$$I_{к2} = 2 - 0.02 = 1.8 \text{ А}$$

$$I_{стаб2} = I_{R1} + I_6 = 3.57 \div 5 + 20 = 23.57 \div 25 \text{ мА}$$

Для дальнейшего расчёта найдём средние значения токов.

$$I_{стаб} = 4.483 \text{ мА}$$

$$I_{стаб2} = 24.285 \text{ мА}$$

Рассчитанный регулятор напряжения на 4В представлен на рисунке 32.

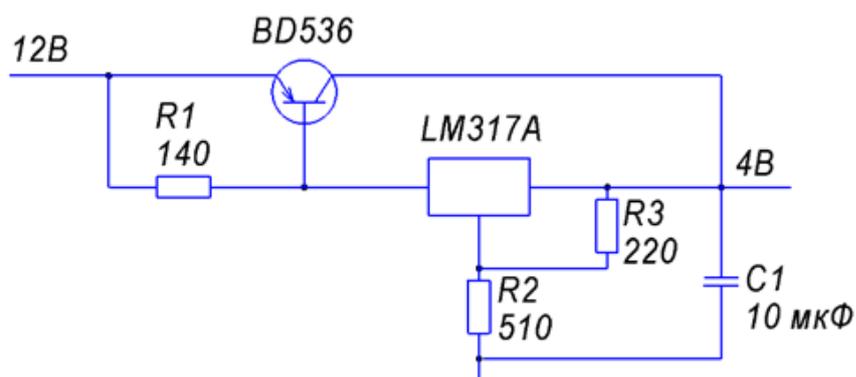


Рисунок 32 - Регулятор напряжения на 4В

В данном регуляторе используется стабилизатор LM317A [16], представленный на рисунке 33 и имеющий характеристики согласно таблице 13.



Рисунок 33 - Стабилизатор LM317A

Таблица 13 - Характеристики стабилизатора LM317A

Параметр	Значение	Ед. измерения
Входное напряжение	40	В
Выходное напряжение	от 1,2 до 37	В
Выходной ток	4	А
Рабочая температура	от -40 до 125	°С

В данном случае так же необходимо рассчитать мощность по формулам (7) и (8), которая рассеивается на стабилизаторе, чтобы принять решение о необходимости установки теплоотвода.

Средний выходной ток является током потребления SIM800L (20мА).

Средним напряжением является разница между входным и выходным напряжением.

Входное напряжение равно 12В. Необходимое выходное напряжение равно 4В. Постоянная составляющая в разнице напряжений равно $U_0 = 8$ В. Переменная составляющая отсутствует.

Подставляем данные в формулы (10) и (11) и вычисляем.

$$P_{\text{стаб}} = 0.004483 * 8 = 0.036 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{тран}} = 0.02 * 8 = 0.16 \text{ Вт}$$

Т.к. рассеиваемая мощность менее 1Вт необходимости в установке теплоотвода нет.

Так как автоматический шлагбаум находится и эксплуатируется на улице круглый год. Необходимо обеспечить приемлемую температуру внутри ящика, в котором будет находиться вся электроника.

Для решения данного вопроса установим цементный резистор мощностью 15Вт, который будет поддерживать необходимую температуру, на основе показания датчика температуры.

Финальный вариант электрической принципиальной схемы представлен на рисунке 34.

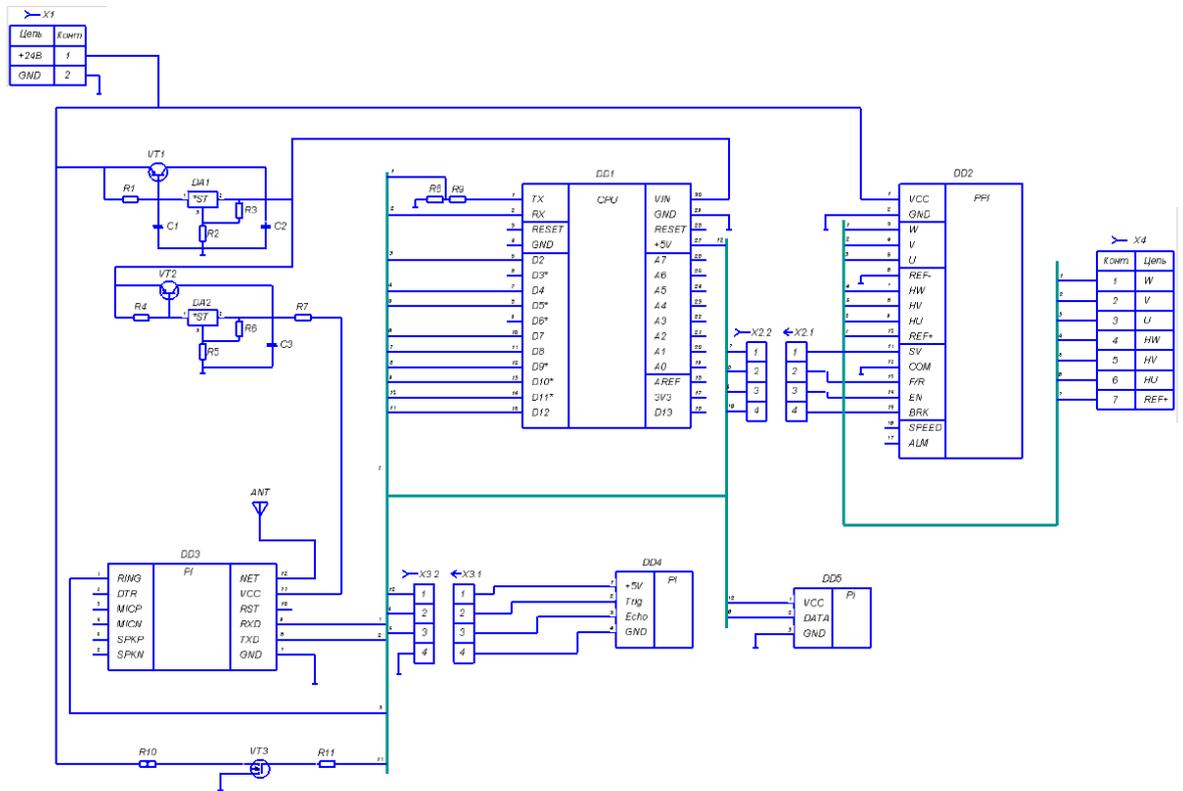


Рисунок 34 - Схема электрическая принципиальная

3 Конструкторско-технологический раздел.

3.1 Решения в конструкции печатной платы.

Для электрической схемы блока управления была разработана двусторонняя печатная плата.

Лицевая сторона платы представлена на рисунке 35.

Обратная сторона платы представлена на рисунке 36.

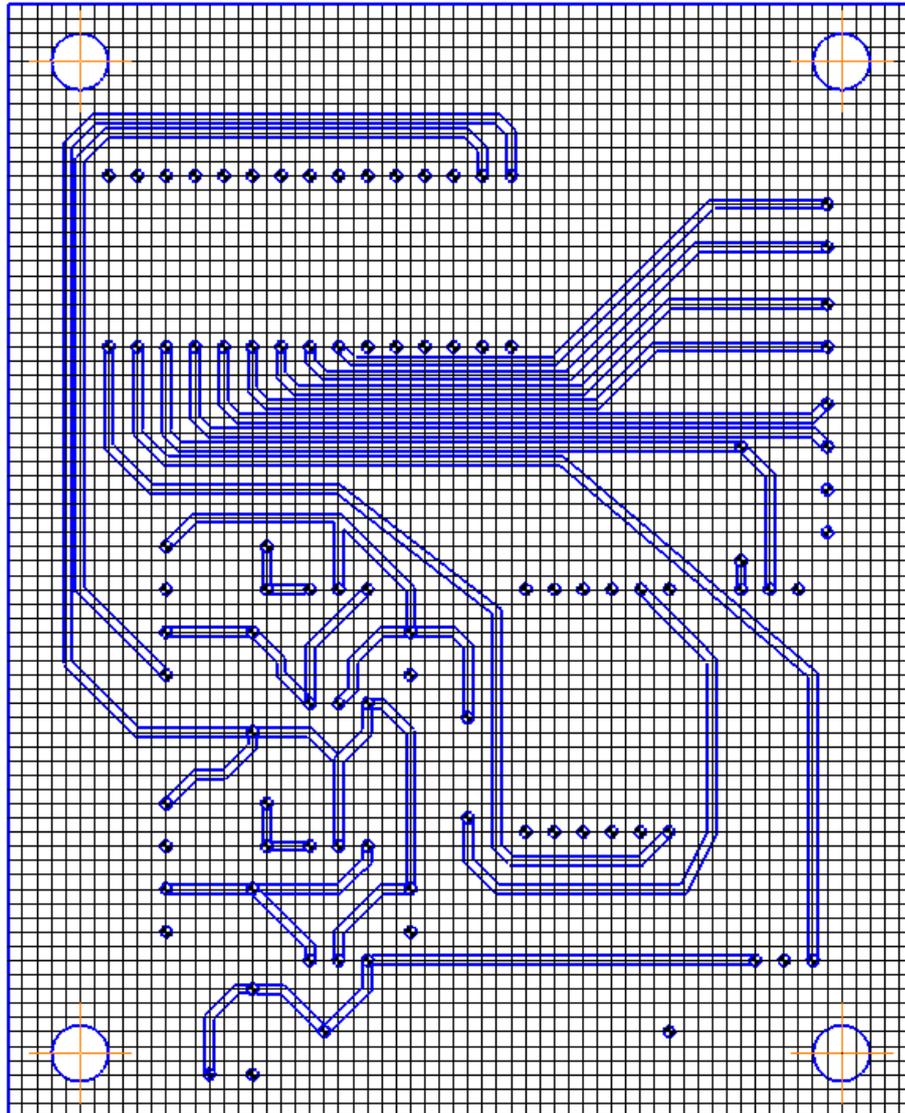


Рисунок 35 - Лицевая сторона платы

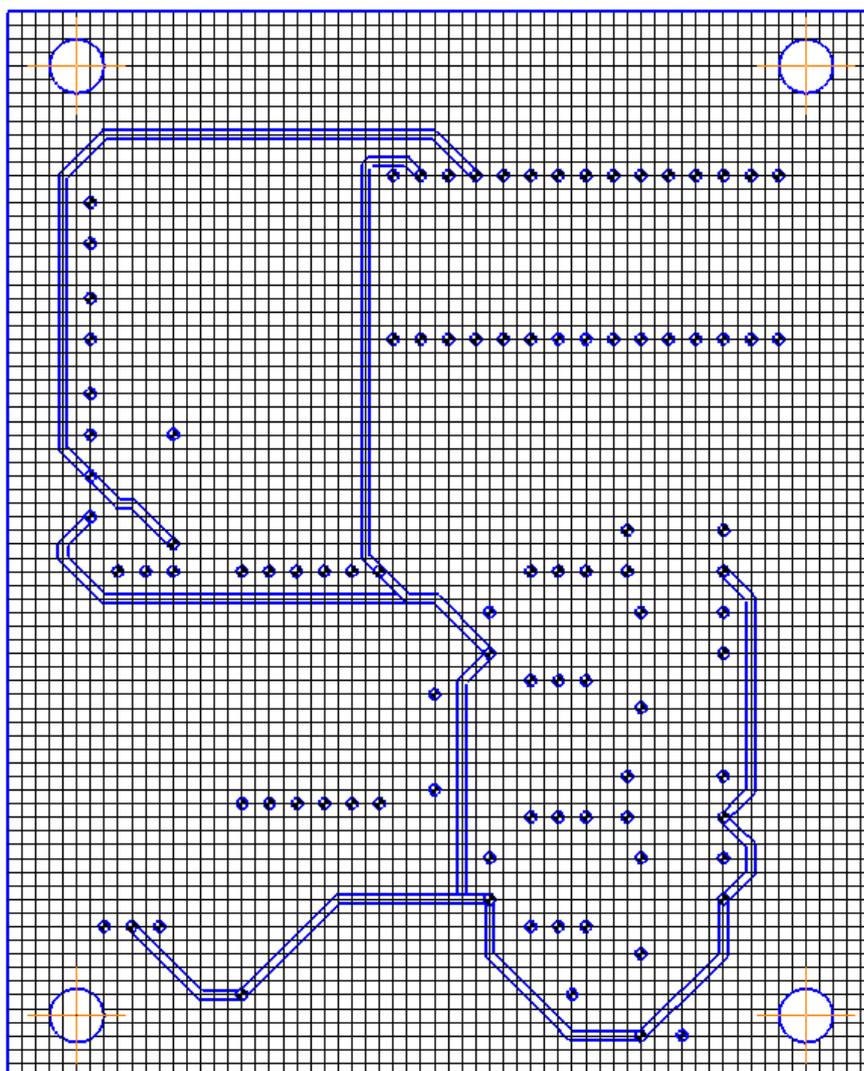


Рисунок 36 - Обратная сторона платы

Все отверстия для впайки элементов имеют диаметр 1 мм. Данный диаметр позволяет упростить производство и в то же время подходит для установки всех используемых элементов.

Дорожки имеют ширину 0.8 мм.

Все элементы впаиваются на обратную сторону платы.

Для крепления платы к корпусу предусмотрено четыре отверстия диаметром 5 мм. Плата крепится к корпусу на пластиковые или резиновые ножки с помощью гаечно-болтового соединения.

Чертёж печатной платы был разработан согласно [17], [18], [19],

4 Программный раздел.

4.1 Общий алгоритм работы.

Изначально система находится в режиме ожидания, при котором снижено энергопотребление.

Как только зарегистрирован входящий вызов, система выходит из режима ожидания и проверяет, присутствует ли номер в базе данных. Если отсутствует, то модуль просто сбросит вызов и пришлёт смс с текстом «Номера нет в базе данных». Если номер в базе есть, то модуль сбросит вызов и запустив подпрограмму открытия шлагбаума.

При открытии на максимальный угол, запустится таймер удержания открытого состояния. По истечении времени система проверит, есть ли какое-либо потенциальное препятствие под стрелой. При наличии такового, стрела останется в поднятом положении, и запустится таймер ожидания. При отсутствии препятствия запустится подпрограмма опускания стрелы.

Если во время опускания стрелы под ней неожиданно появится препятствие, то система инициализирует экстренное торможение и поднятие стрелы.

Алгоритм общей работы программы представлен на рисунке 37.

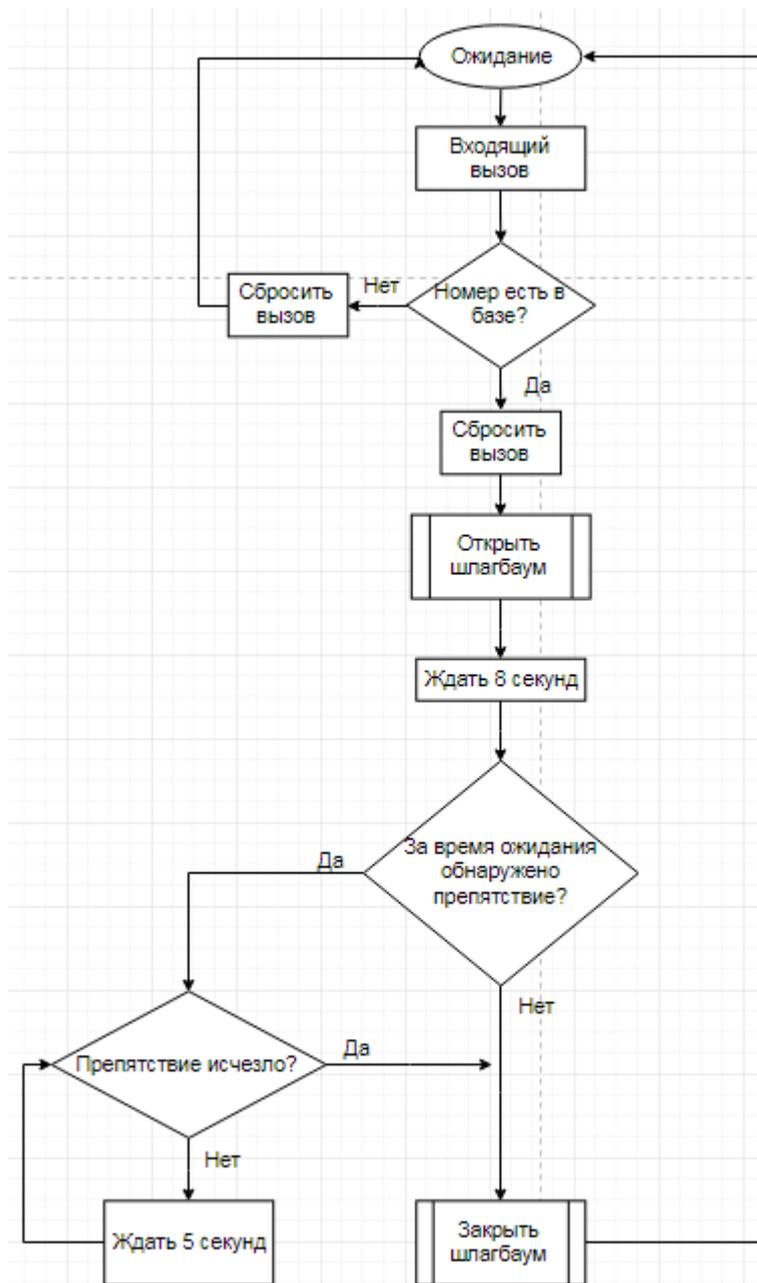


Рисунок 37 - Алгоритм общей работы программы

4.2 Алгоритм открытия шлагбаума.

Имеющиеся в двигателе датчики Холла позволяют следить за скоростью вращения, количеством оборотов, сделанных двигателем, на основе которого можно узнать угол поворота стрелы.

Передаточное число у выбранного редуктора равно 80. Значит, на один оборот вала со стрелой двигатель должен сделать 80 оборотов.

Так как для того, чтобы поднять стрелу вертикально вверх, вал должен повернуться на 90° , что является $\frac{1}{4}$ от полного оборота. Следовательно, двигатель должен совершить 20 оборотов.

Алгоритм открытия шлагбаума представлен на рисунке 38.

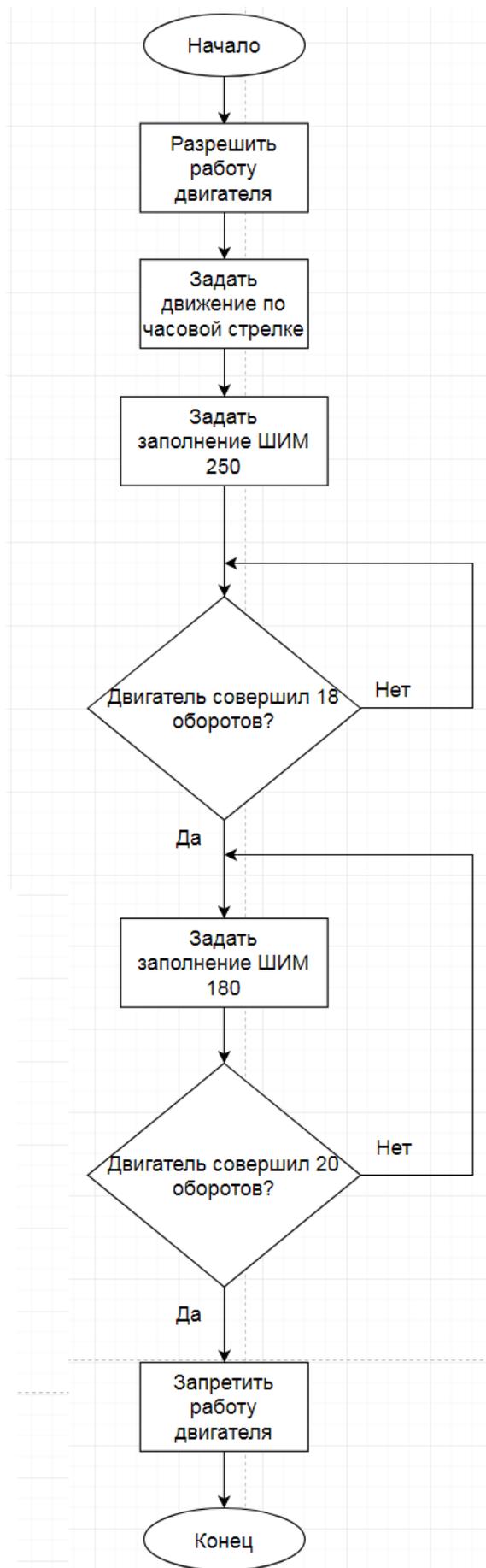


Рисунок 38 - Алгоритм открытия шлагбаума

4.3 Алгоритм закрытия шлагбаума.

Алгоритм закрытия шлагбаума представлен на рисунке 39.

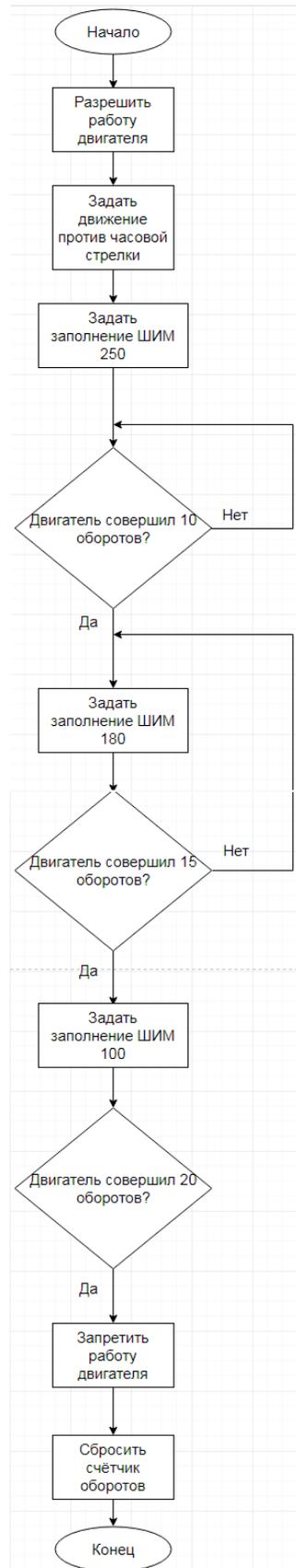


Рисунок 39 - Алгоритм закрытия шлагбаума

Когда время ожидания выйдет, контролер считает показания с датчика и, удостоверившись, что под стрелой отсутствуют препятствия, выполнит подпрограмму закрытия шлагбаума.

Если при опускании стрелы под ней неожиданно окажется препятствие, то произойдёт экстренная остановка.

4.4 Код программы.

В данной работе был частично написан код программы [20], представленной на рисунке 39, решающий необходимые задачи.

Выводы объявляются с помощью директивы `define`, в целях экономии памяти устройства.

Для подключения GSM-модуля используется стандартная библиотека `SoftwareSerial`.

С помощью AT команд [8], которые используются для общения с SIM800L, подключаем автоопределение номера входящего вызова. Что позволит проанализировать его, используя белый лист абонентов.

Считывание с датчика холла, отвечающего за контроль угла поднятия стрелы, происходит с помощью функции прерывания `attachInterrupt` по фронту сигнала.

Для реализации ожидания была использована функция `millis()`, которая, в отличие от функции `delay()`, не останавливает работу контроллера.

Регулирование скорость вращения двигателя регулируется с помощью ШИМ-сигнала.

В момент начала работы скорость максимально, но по мере достижения определённого угла двигатель притормаживается, чтобы обеспечить плавный подъём или спуск стрелы. Что предотвратит возможные поломки механической части в результате сильного удара.

```

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial SIM800 (1, 2);

#define WARM 11
#define TEMP 10
#define ECHO 9
#define TRIG 8
#define BRK 7
#define EN 6
#define ROT 5
#define SV 4
#define HW 3
#define RING 2

boolean val = 0;
volatile byte countHW;
unsigned long TIME;

String _response = "";

void INTERRUPT () {
    countHW++;
}

void setup() {
    pinMode(RING, INPUT_PULLUP);
    digitalWrite(HW, LOW);

    pinMode(WARM, OUTPUT);
    digitalWrite(WARM, LOW);

    pinMode(TRIG, OUTPUT);
    digitalWrite(TRIG, LOW);

    pinMode(BRK, OUTPUT);
    digitalWrite(BRK, LOW);
    pinMode(EN, OUTPUT);
    digitalWrite(EN, HIGH);
    pinMode(ROT, OUTPUT);
    digitalWrite(ROT, HIGH);
    pinMode(SV, OUTPUT);
    digitalWrite(SV, LOW);
}

```

Рисунок 40 - Код программы

```

Serial.begin(9600);
SIM800.begin(9600);
Serial.println("Start!");
sendATCommand("AT", true);

_response = sendATCommand("AT+CLIP=1", true);
_response = sendATCommand("AT+DDET=1", true);

attachInterrupt(1, INTERRUPT, RISING);
}

String sendATCommand(String cmd, bool waiting) {
  String _resp = "";
  Serial.println(cmd);
  SIM800.println(cmd);
  if (waiting) {
    _resp = waitResponse();
    if (_resp.startsWith(cmd)) {
      _resp = _resp.substring(_resp.indexOf("\r", cmd.length()) + 2);
    }
    Serial.println(_resp);
  }
  return _resp;
}

String waitResponse() {
  String _resp = "";
  long _timeout = millis() + 10000;
  while (!SIM800.available() && millis() < _timeout) {};
  if (SIM800.available()) {
    _resp = SIM800.readString();
  }
  else {
    Serial.println("Timeout...");
  }
  return _resp;
}

```

Продолжение рисунка 40

```

void loop() {
  val = digitalRead(RING);
  if (val == HIGH) {
    if (SIM800.available()) {
      _response = waitResponse();
      _response.trim();
      Serial.println(_response);
      String whiteListPhones = "+7xxxxxxxxxxx, +7xxxxxxxxxxx, +7xxxxxxxxxxx";
      if (_response.startsWith("RING")) {
        int phoneindex = _response.indexOf("+CLIP: \\");
        String innerPhone = "";
        if (phoneindex >= 0) {
          phoneindex += 8;
          innerPhone = _response.substring(phoneindex, _response.indexOf("\\", phoneindex));
          Serial.println("Number: " + innerPhone);
        }

        if (innerPhone.length() >= 7 && whiteListPhones.indexOf(innerPhone) >= 0) {
          sendATCommand("ATA", true);
          while (countHW < 18) {
            digitalWrite(EN, LOW);
            analogWrite(SV, 250);
          }
          while (countHW < 21) {
            analogWrite(SV, 150);
          }
          countHW = 0;
          digitalWrite(EN, HIGH);
          digitalWrite(ROT, LOW);

          TIME = millis();
          if (millis() - TIME > 8000) {
            TIME = millis();
          }

          while (countHW < 10) {
            digitalWrite(EN, LOW);
            analogWrite(SV, 250);
          }
          while (countHW < 18) {
            analogWrite(SV, 100);
          }
          else {
            sendATCommand("ATH", true);
          }
        }
      }
    }
  }
}

```

Продолжение рисунка 40

5 Методический раздел.

В данном разделе кратко описываются правила и меры предосторожности при использовании автоматического шлагбаума и блока управления в частности, в целях предотвращения поломок и вреда здоровью.

Правила эксплуатации автоматического шлагбаума.

1. Запрещается находиться под стрелой работающего автоматического шлагбаума.

2. Необходимо держать стойку закрытой, если нет необходимости в обратном.

3. Необходимо помнить, что в стойке имеются подвижные части, поэтому категорически запрещается лезть посторонними предметами внутрь механизмов, во время работы шлагбаума.

4. Проводить осмотр, техническое обслуживание, ремонт необходимо при обесточенном автоматическом шлагбауме.

5. В целях избегания некорректной работы или поломок, необходимо убедиться, что подключаемое напряжение соответствует напряжению работы составляющих автоматического шлагбаума.

6. Вышедшие из строя элементы необходимо заменять идентичными или прямыми аналогами.

7. В целях предупреждения возможных поломок, необходимо проводить плановый осмотр каждой составляющей автоматического шлагбаума.

Заключение

В ходе работы был проведён анализ рынка и найдены лучшие решения. Был разработан блок управления, имеющий себестоимость равную 2640 рублей, в том числе:

- Драйвер управления BLD-300B стоимостью 1900 рублей
- Плата управления Arduino Nano v3.0 стоимостью 120 рублей
- Ультразвуковой датчик HC-SR04 стоимостью 50 рублей
- GSM-модуль SIM800L стоимостью 120 рублей
- Датчик температуры DS18B20 стоимостью 200 рублей
- Прочие элементы суммарной стоимостью 250 рублей

Разработанный блок управления существенно выигрывает в цене у существующих аналогов.

Данные для сравнения представлены в таблице 14.

Таблица 14 - Сравнение стоимости блоков управления

Модель	Цена
3199ZL37F	12000
FAAC790281	9000
PCB-SL NEW	6000
SCULTHP2L	12000
Разработанный блок управления	2640

В ходе работы были рассчитаны две системы питания для использующихся модулей.

Так же были разработаны принципиальная схема и печатная плата.

Написана программа в среде Arduino.

Список используемой литературы

1. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД: ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ / С.В. Дворянкин, Р.М. Жаркой, В.А. Минаев, [Электронный ресурс] / Спецтехника и связь - 2010. - №2-3 - режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/bezopasnyy-gorod-intellektualnye-tehnologii>, свободный.
2. BLD-300B [Электронный ресурс]: документация. – режим доступа: https://www.sys-motor.com/Account/Plug-ins/kindeditor/attached/file/20180516/20180516125751_1905.pdf, свободный.
3. Гельман, М.В. Преобразовательная техника: Учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. - Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009 - 425 с.
4. Вольдек, А.И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы: Учебник для вузов / А.И. Вольдек, В.В. Попов. - Санкт-Петербург: ПИТЕР, 2008 - 320 с.
5. Забудский, Е.И. Электрические машины: Учебное пособие - Москва - 2014 - 208 с.
6. Arduino Nano v3.0 [Электронный ресурс]: Документация. - режим доступа: http://radiodetalki.narod.ru/pribory/arduino_nano_v3.pdf, свободный.
7. SIM800L [Электронный ресурс]: Документация - режим доступа: https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_SIM800L.pdf, свободный.
8. AT Command manual [Электронный ресурс]: Документация - режим доступа: https://www.elecrow.com/wiki/images/2/20/SIM800_Series_AT_Command_Manual_V1.09.pdf, свободный.
9. Агуров, П.В. Последовательные интерфейсы ПК. Практика программирования: Печатная книга - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2004 - 483 с.
10. Кудинов А.К. Основы микропроцессорной техники: Учебное пособие / А.К. Кудинов, А.В. Прядилов - Тольятти - ТГУ, 2006 - 114 с.
11. Ultrasonic Ranging Module HC-SR04 [Электронный ресурс]: документация - режим доступа: <https://www.mouser.com/ds/2/813/HCSR04-1022824.pdf>, свободный.
12. Демирчян, К.С. Теоретические основы электротехники: Учебник для вузов. 5-ое изд. / К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин - Санкт-Петербург: Питер Пресс, 2009 - 512 с.
13. Попков, О.З. Основы преобразовательной техники: Учебное пособие: Москва: Издательский дом МЭИ - 2007 - 384 с.
14. LMx17HV [Электронный ресурс]: Документация - режим доступа: <http://www.ti.com/lit/ds/snvs773d/snvs773d.pdf>, свободный.
15. BD536 [Электронный ресурс]: Документация - режим доступа: http://213.114.131.21/_pdf/BD/BD534.pdf, свободный.
16. LM317A [Электронный ресурс]: Документация - режим доступа: http://213.114.131.21/_pdf/BD/BD534.pdf, свободный.

17. ГОСТ 2.104-2006. Единая система конструкторской документации. Основные надписи [Текст]/ - Введ. 1971-01-01. - М.: Госстандарт СССР: Издательство стандартов, 2011.-22с.:ил.
18. ГОСТ 2.702-2011. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения схем.- Введ. 2012-01-01. - М.: Стандартинформ: Изд-во стандартов, 2011.- 22с.: ил.
19. Александров, К.К. Электротехнические чертежи и схемы: Печатная книга / К.К. Александров, Е.Г. Кузьмина - Москва: Энергоатомиздат, 1990 - 288 с: ил.
20. Jeremy Blum. Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry: Printed book / Indianapolis: John Wiley and Sons. Inc. - 2012
21. Umakanta Nanda, Sushant Kumar Pattanaik, Universal Asynchronous Receiver and Transmitter [Text] - 2016 3rd International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, India - 2016
22. Akroum, H., Kidouche, M., Aibeche, A. Scalar Control of Induction Motor Drives Using dSPACE DS1104 // Proceedings of the 2013 International Conference on Systems, Control and Informatics, 2013
23. Srinivasan, K. Power Quality Analysis of Vienna Rectifier for BLDC Motor Drive Application [Text] / K. Srinivasan, S. Vijayan, S. Paramasivam, K. Sundaramoorthi // International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS). Vol. 7. - 2016. - No. 1. - PP. 7-16. ISSN: 2088-8694
24. Shalchi Alishah, R. Design of New Single-phase Multilevel Voltage Source Inverter [Text] / R. Shalchi Alishah, D. Nazarpour, S. Hossein Hosseini, M. Sabahi // International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS). Vol. 5. - 2014. - No. 1. - PP. 45-55. ISSN: 2088-869