

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

Институт энергетики и электротехники
(институт)

Кафедра «Промышленная электроника»

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

Промышленная электроника
направленность (профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Установка гелео навигации

Студент(ка)	<u>Д.Ю. Малолетков</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>А.В. Прядилов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	_____	_____	(личная подпись)
	_____	_____	(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 2016

Аннотация

Объем 58 с., 16 рис., 15 табл., 26 источников

УСТАНОВКА ГЕЛЕО НАВИГАЦИИ, СЛЕЖЕНИЕ ЗА СОЛНЦЕМ,
ТРЕКЕР, ДРАЙВЕР ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ.

Объектом исследования является устройство установки гелео навигации.

Цель работы — является проектирование установки. Системы микропроцессорного управления, драйвера шаговых двигателей.

Задачи проекта — спроектировать структурную схему устройства установки гелео навигации, программу для микроконтроллера для управления драйвером шаговых двигателей. Спроектировать принципиальную электрическую схему драйвера для шаговых двигателей.

Работа состоит из четырех глав, в которых решены поставленные задачи.

Степень внедрения — установка по разработанной документации является опытным образцом.

Областью применения данной установки является гелеоэнергетика, энергосбережение.

Содержание

Введение.....	5
1.Состояние вопроса. Анализ исходных данных.....	5
1.1 Классификация гелиостатов:	5
1.2 Устройство двухосевых гелиостатов.....	6
1.2.1 Конструкция номер один	6
1.2.2 Конструкция номер два.....	7
1.2.3 Конструкция номер три рисунок 1.3.....	9
1.2.4 Конструкция номер четыре.....	9
1.3 Разработка устройства.	10
1.3.1 Конструкция.....	10
1.3.2 Функциональная схема.	13
2 Расчетная часть.....	14
2.1 Разработка фотоэлектрической части схемы.....	14
2.1.1 Исследование характеристики фотодиода.....	14
2.2 Расчет фотоэлектрической части.	16
2.3 Разработка схемы ФЭЧ.....	16
2.4 Выбор элементов ФЭЧ.....	18
2.4 Разработка микропроцессорной системы управления.....	20
2.5 Разработка программы для микроконтроллера.	20
2.5.1 Разработка функции слежения.....	24
2.5.2 Разработка программы для датчиков конечного положения.	25
2.6 Разработка схемы драйвера	26
2.6.1 Определение последовательности импульсов.....	26
2.7 Расчет схемы драйвера.	27
2.7.1 Синтез цифрового автомата.	27
2.7.2 Синтез дешифратора.....	34
2.7.3. Устройство переключения между двумя двигателями	36
2.7.4. Расчет транзисторных коммутаторов фаз двигателей.....	39
2.7.5 Расчет элементов блока питания.....	42

2.8 Выбор элементов схемы драйвера	46
3. Программная часть	47
3.1 Листинг полученной программы	47
4. Экспериментальная часть	51
4.1 Измерение помер один.	51
4.2 Измерение номер два.	51
4.3 Измерение номер три.....	52
4.4 Измерение номер четыре.....	53
4.5 Измерение номер пять.	54
4.5 Анализ осциллограмм.....	54
4.5.2 Осциллограмма измерения номер два.....	54
4.5.3 Осциллограмма измерения номер три	54
4.5.4 Осциллограмма измерения номер четыре.....	55
4.5.5 Осциллограмма измерения номер пять.....	55
Заключение.....	56
Список литературы.....	57

Введение.

Для выработки электрической энергии посредством солнечного излучения применяют устройства, работающие на основе фотогальванического эффекта[6], [1].

Максимальную энергию фотогальванический элемент отдает тогда, когда световой поток падает на него перпендикулярно, в ином случае эффект снижается до 10%. Угол падения солнечных лучей зависит от времени суток. Для максимальной генерации энергии, необходимо корректировать положение фотогальванического элемента относительно солнца. Для этой цели применяют устройства, автоматического регулирования положения в зависимости от положения солнца – гелиостат. Работа гелиостата основана на нахождении координат с максимальной интенсивностью излучения и перемещения подвижного элемента установки.

Устройство слежения (гелиостат), состоит из механического привода, перемещающего приемник излучения и электронной системы управления механическим приводом. Электронная система управления, посредством фотоэлектрических датчиков, следит за положением солнца, как только солнце сместится, система управления с помощью механического привода, переместит приемник излучения в нужное положение относительно солнца.

1.Состояние вопроса. Анализ исходных данных.

1.1 Классификация гелиостатов:

а) Одноосевые установки[2].

Виды одноосевых гелиостатов:

1) С горизонтально-ориентированной осью.

Ось горизонтальна по отношению к земной поверхности. Наибольшей эффективностью обладают на широтах, близких к экватору земли.

2) С вертикальной осью вращения.

Ось вращения перпендикулярна земной поверхности. Эффективность увеличивается на наиболее удаленных, от экватора земли, широтах.

3) С вертикальной осью вращения с фиксированным углом. Отличие заключается в установке панели с фотоэлементами с фиксированным углом, по отношению к вертикальной оси вращения.

4) С наклонной осью вращения. Ось вращения имеет наклон, находящийся между вертикальным и горизонтальным положением по отношению к поверхности земли. Обычно устанавливается под таким наклоном, чтобы ось вращения была параллельна оси вращения земли.

б) Двухосевые установки. Имеют две независимых оси вращения. Ось, которая фиксируется к земной поверхности, обычно рассматривается как основная, а вторая ось рассматривается как вторичная.

Двухосевые установки гелиостатов наиболее эффективные. Их эффективность, в отличие от одноосевых, не зависит от географического расположения.

1.2 Устройство двухосевых гелиостатов.

Далее будут приведены практические конструкции гелиостатов.

1.2.1 Конструкция номер один рисунок 1.1.

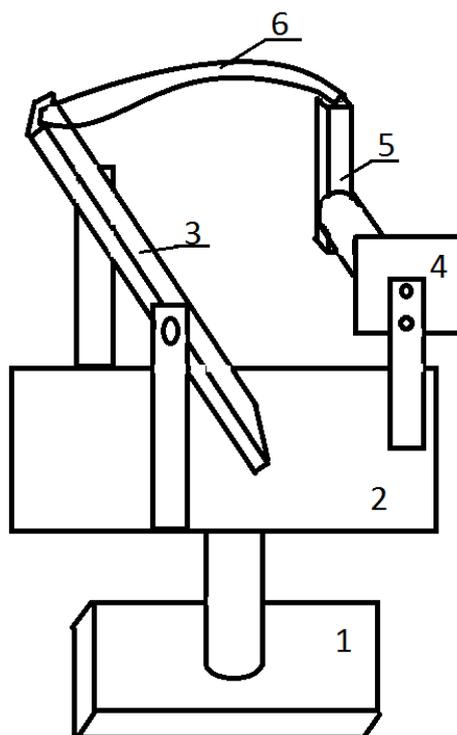


Рисунок 1.1. Конструкция номер один.

На двигателе 1, [3] установленном горизонтально валом вверх, установлена платформа 2. На платформе с одного края на двух опорах установлен плоский солнечный элемент 3, который может вращаться по горизонтальной оси.

С противоположного края платформы на опоре, установлен двигатель 4, валом параллельно оси вращения солнечного элемента. На валу двигателя, перпендикулярно ему, установлен прямолинейный наконечник 5.

В положении покоя, наконечник направлен вертикально вверх. На конце наконечника, противоположном от вала, закреплен один конец гибкой пластины 6, другой конец пластины закреплен с верхней боковой стороны солнечного элемента.

1.2.1.1 Принцип работы конструкции номер один.

Система управления для поворота солнечного элемента по вертикальной оси использует двигатель 1, который осуществляет поворот платформы, и вместе с ней установленного на нем солнечного элемента. Для поворота по горизонтальной оси, используется двигатель 4. Если двигатель повернуть по часовой стрелке, то его наконечник, наклоняясь вправо, потянет за собой гибкую пластину, и с ее помощью повернется солнечный элемент вправо. Если повернуть двигатель в точку покоя, против часовой стрелки, то наконечник с помощью гибкой пластины будет толкать солнечный элемент, таким образом, он повернется в другую сторону влево.

1.2.2 Конструкция номер два, рисунок 1.2.

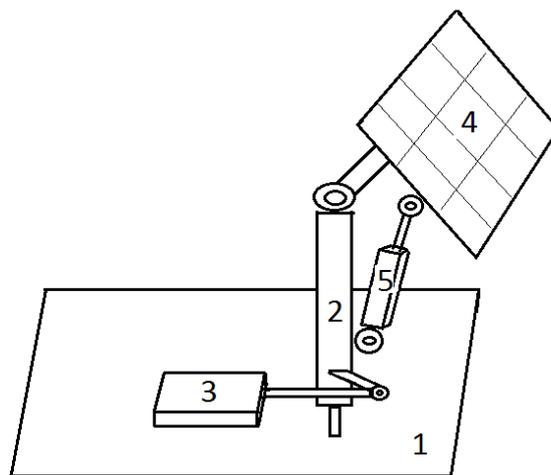


Рисунок 1.2. Конструкция номер два.

На плоской платформе с одного края, перпендикулярно установлена опора, сверху которой установлена вторая вертикальная опора с возможностью вращаться по вертикальной оси. На платформе параллельно одной из сторон, по направлению к опоре установлен линейный двигатель, вал которого закреплен с вращающейся опорой с помощью поворотного кронштейна.

Сверху вращающейся опоры через поворотный кронштейн установлен солнечный элемент, с возможностью поворота по горизонтальной оси. С помощью поворотного кронштейна, снизу поворотной опоры, под углом к ней, закреплен второй линейный двигатель. Вал второго двигателя через поворотный кронштейн соединен с солнечным элементом с обратной стороны.

1.2.2.1 Принцип работы конструкции номер два.

Система управления для поворота солнечного элемента по вертикальной оси использует двигатель 3, который двигая вал вперед поворачивает опору 2, против часовой стрелки, а двигая назад, по часовой. Для поворота по горизонтальной оси используется двигатель 5. При движении вала вперед, солнечный элемент поворачивается влево, а при движении вниз – вправо.

1.2.3 Конструкция номер три рисунок 1.3.

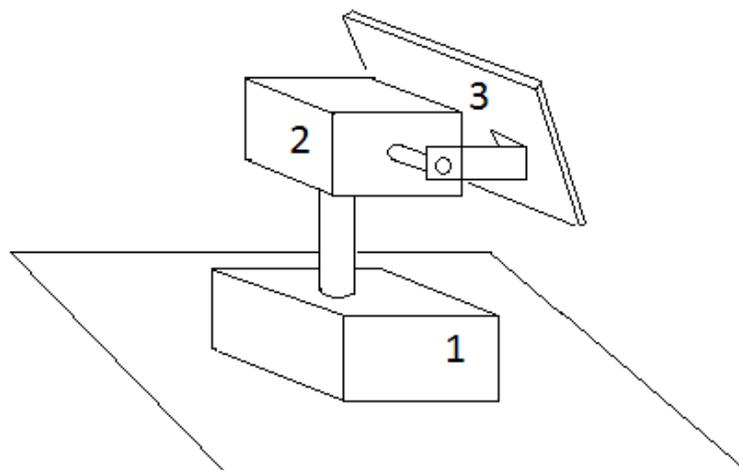


Рисунок 1.3. Конструкция номер три

На платформе установлен двигатель 1 валом вверх, на валу закреплена опора, на опоре закреплен двигатель 2 валом, параллельно горизонтальной оси. На валу двигателя через угловой кронштейн закреплен солнечный элемент 3.

1.2.3.1 Принцип работы конструкции номер три.

Система управления для поворота солнечного элемента по вертикальной оси использует двигатель 1, который поворачивает двигатель 2, а вместе с ним солнечный элемент. Для поворота по горизонтальной оси используется двигатель 2. При повороте двигателя по часовой стрелке, солнечный элемент поворачивается вправо, при повороте против часовой стрелки, поворачивается влево.

1.2.4 Конструкция номер четыре рисунок 1.4.

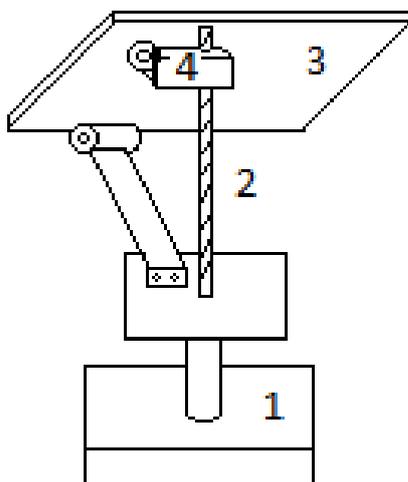


Рисунок 1.4. Конструкция номер четыре.

На двигателе 1, установленном валом вверх, закреплена горизонтально платформа[4]. На платформе перпендикулярно вверх закреплена шпилька 2, с резьбой по длине. Рядом закреплён поворотный кронштейн, который с другой стороны закреплён снизу к боковой стороне солнечного элемента 3. Сверху, через поворотный кронштейн, закреплён двигатель 4. Двигатель через редуктор соединен с гайкой, находящейся на шпильке. Гайка связана с верхним кронштейном через подшипник.

1.2.4.1 Принцип работы конструкции номер четыре.

Система управления для поворота солнечного элемента по вертикальной оси использует двигатель 1, который поворачивает платформу, и закрепленный на ней солнечный элемент. Для поворота по горизонтальной оси, используется двигатель 4. Двигатель приводит во вращение гайку, которая поворачиваясь по резьбе шпильки, перемещается вверх или вниз, в зависимости от направления вращения. Гайка передает усилие соединенному с ней кронштейну, с закрепленным солнечным элементом. Таким образом, при движении гайки вниз, солнечный элемент поворачивается вправо, при движении вверх – влево.

1.3 Разработка устройства.

В данном проекте нужно разработать конструкцию гелиостатата.

1.3.1 Конструкция.

Гелиостат рисунок 1.5, состоит из механической части и системы управления. Механическая часть состоит из двигателей и редуктора. Система управления состоит из фотоэлектрической части, микропроцессора, драйвера.

На платформе 9 установлен двигатель 1, валом параллельно вертикальной оси вверх, на валу установлена опора с платформой. На платформе установлен двигатель 2, валом параллельно горизонтальной оси и параллельно вращению панели под солнечный элемент 4. На валу двигателя установлена катушка для намотки нитки 6, которая соединена с верхней боковой стороной панели под солнечный элемент. Также на двух опорах, с возможностью вращаться по горизонтальной оси установлена панель под солнечный элемент 4. На панели 4 установлен блок фотоэлектрических датчиков 5. Также установлен ретрактор 3, с ниткой 7, которая соединена с нижней боковой стороной панели 4.

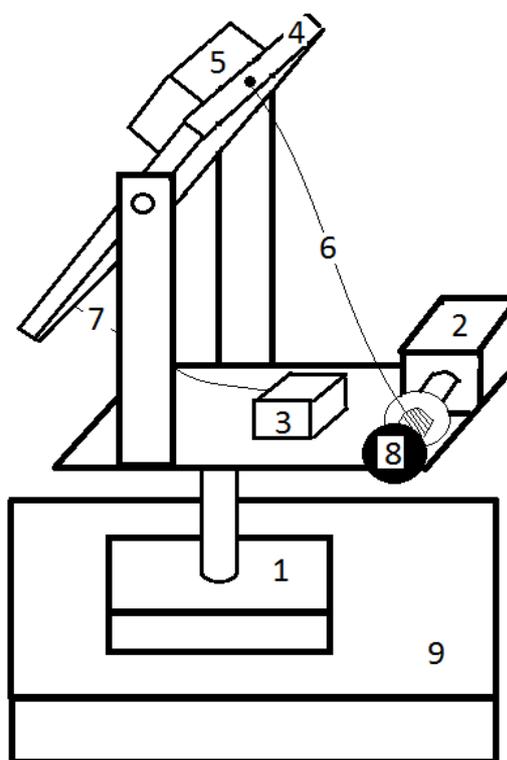


Рисунок 1.5. Конструкция разрабатываемого устройства.

1.3.1.1 Принцип работы конструкции.

Для поворота панели для солнечного элемента по вертикальной оси используется двигатель 1, который поворачивая закрепленную на его валу платформу, поворачивает панель. Для поворота панели по горизонтальной оси, служит двигатель 2, поворачивая вал, производится либо намотка, либо размотка нитки 6, в зависимости от направления вращения вала. Когда производится намотка, нитка 6, закрепленная на верхней стороне панели, тянет ее вправо, нижняя боковая сторона панели тянет при этом закрепленную на ней нитку 3, вытягивая ее из ретрактора. Когда производится размотка, нитка 8 освобождается и ретрактор, наматывая нитку 7, тянет панель, поворачивая ее влево.

1.3.2 Функциональная схема.

Составили функциональную схему устройства на рисунок 1.6.

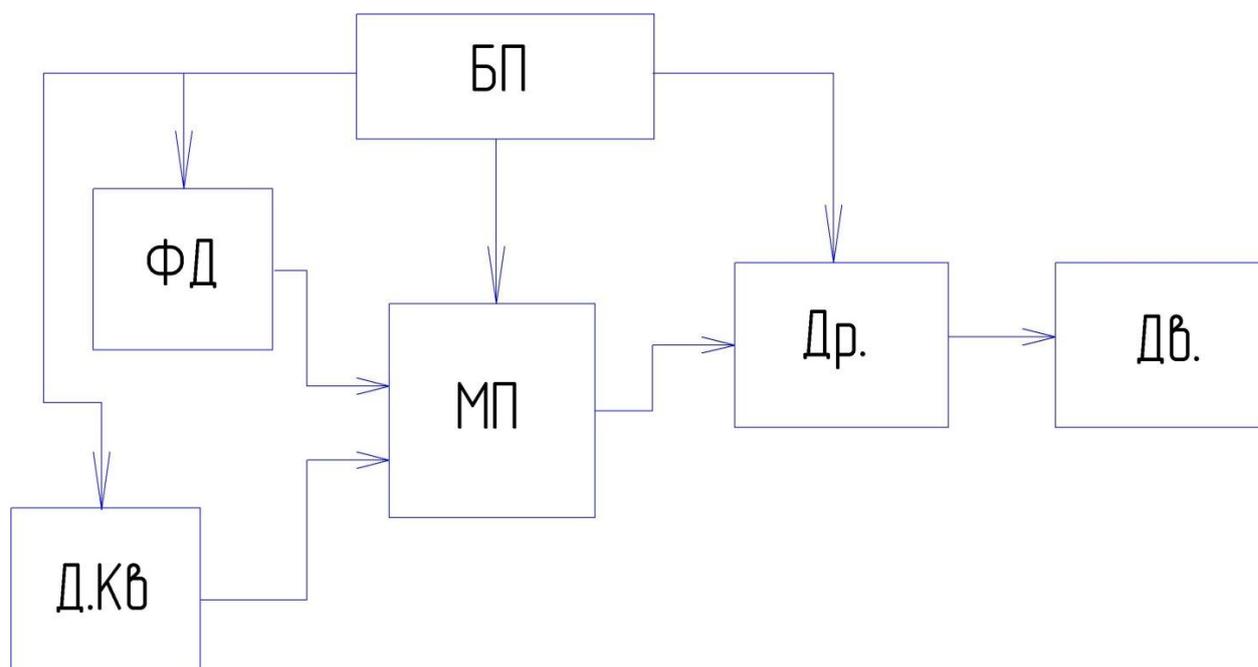


Рисунок 1.6. Функциональная схема.

На рисунке изображены следующие элементы:

- 1) БП - блок питания.
- 2) МК - микроконтроллер

- 3) ФД - блок фотоэлектрических датчиков
- 4) Д.Кв - Блок датчиков конечного положения.
- 5) Др. - Драйвер шаговых двигателей
- 6) шаговые двигатели.

1.3.2.1 Система управления.

Система управления состоит из следующих частей, рисунок 1.7:

- а) Фотоэлектрической части.
- б) Микроконтроллера.
- в) Драйвера.

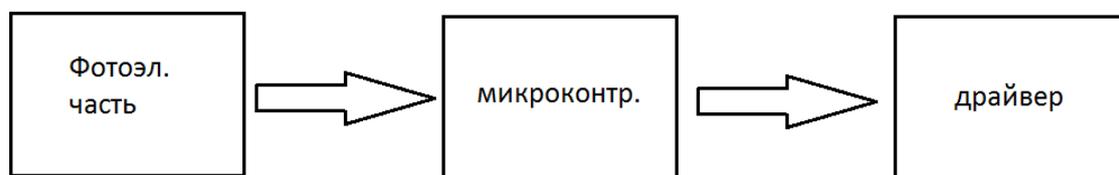


Рисунок 1.7. Система управления.

1.3.2.2 Принцип работы системы управления:

Микроконтроллер получает информацию с помощью фотоэлектрических датчиков. Обработав информацию, принимает решение о необходимости перемещения панели с фотоэлектрическим элементом. Если такая необходимость присутствует, то вычисляет направление перемещения, после чего подает команду драйверу на включение соответствующего двигателя.

1.3.2.3 Блок фотоэлектрических датчиков (далее - БФД).

БФД состоит из четырех секторов [4] рисунок 1.6, которые разделены между собой перегородками.

В каждом секторе установлен один фотодатчик, фотодатчики обозначены цифрами - 1,2,3,4.

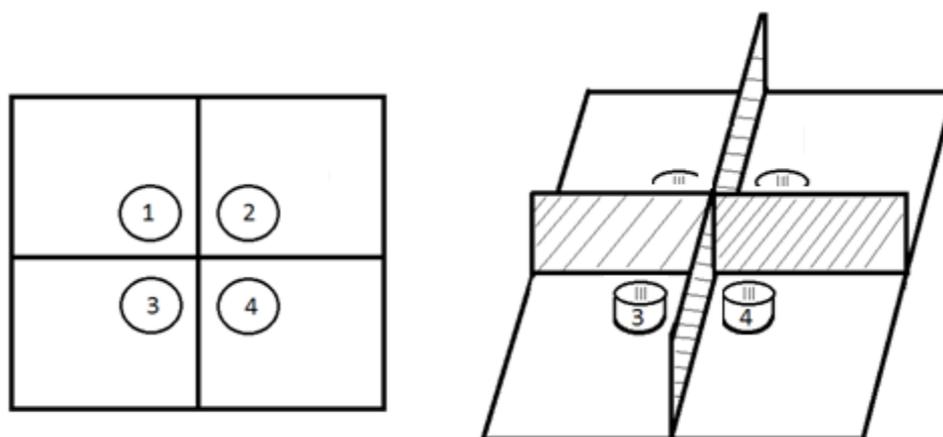


Рисунок 1.8. Блок фотоэлектрических датчиков.

2 Расчетная часть

2.1 Разработка фотоэлектрической части схемы (далее ФЭЧ).

В качестве датчиков ФЭЧ, выступают фотодиоды. Область обзора, которую может охватить датчики фотоэлектрической части, разделены на сектора, в каждом секторе установлен один фотодиод.

Каждый фотодиод включен в цепь постоянного тока последовательно с резистором, в обратном включении, таким образом что, при увеличении излучения, падающего на фотодиод, его внутреннее сопротивление уменьшается, и на падающее на резисторе напряжение, увеличивается, это напряжение на резисторе подается на соответствующий вход микропроцессора для дальнейшей обработки.

2.1.1 Исследование характеристики фотодиода

Для определения характеристики возьмем три резистора, номиналами 100(кОм), 270(кОм), 370(кОм).

Будем по очереди включать эти сопротивления, на схеме "R", рисунок 2.1.1, в измерительную цепь с фотодиодом по схеме, На фотодиод "VD" будем подавать освещенность разных уровней, уровни освещенности можно условно поделить на – темно, средне, ярко, и регистрировать падение напряжения на резисторе с помощью вольтметра "P".

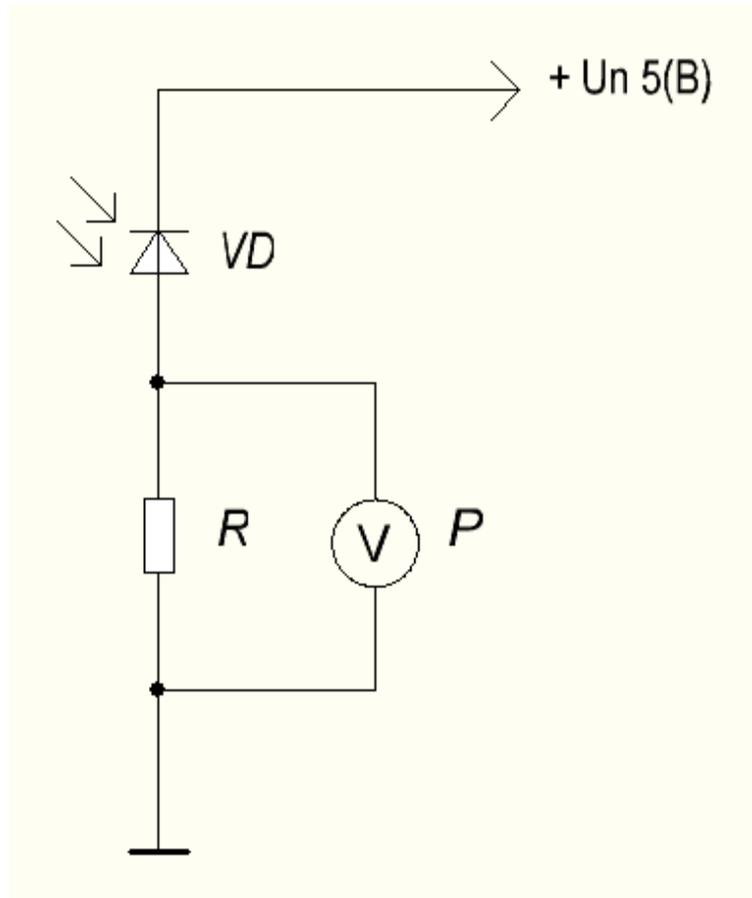


Рисунок 2.1. Схема исследования фотодиода.

По измеренным значениям составим таблицу, таблица 2.1.

Таблица 2.1. Экспериментальные данные.

№	Сопротивление R, Ом	Уровень освещенности					
		темно		средне		ярко	
		U, В	I, мкА	U, В	I, мкА	U, В	I, мкА
1	100 000	0.03	0,3	0.3	3	1	10
2	270 000	0.06	0,6	0.8	8	2	20
3	370 000	0.13	1,3	1.32	13,2	3	30

По данным из таблицы построим график рисунок 2.1 зависимости падения напряжения на резисторе, при разных уровнях освещенности в зависимости и сопротивления резистора.

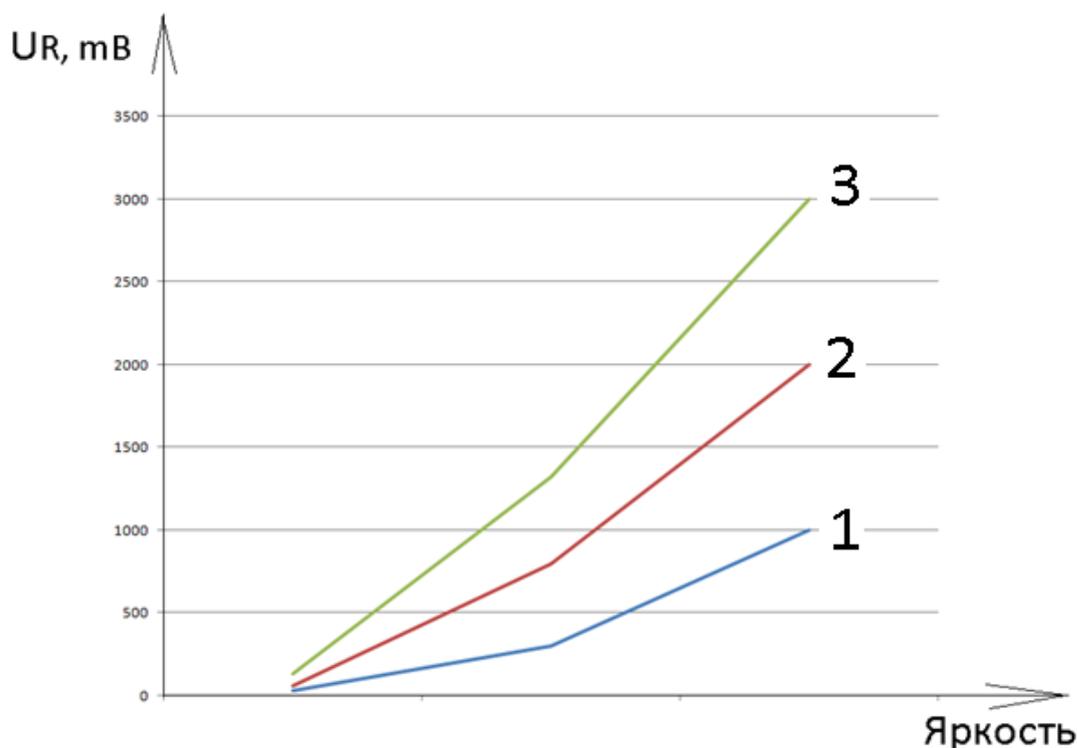


Рисунок 2.1. Характеристика фотодиода.

На графике цифрам соответствуют следующие сопротивления резисторов:

- а) резистор 100кОм - номер один.
- б) резистор 270кОм - номер два.
- в) резистор 370кОм - номер три.

2.2 Расчет фотоэлектрической части.

Из графика, рисунок 2.1, видно, что максимальной чувствительностью из рассмотренных сопротивлений, датчик обладает при включении в цепь с фотодиодом резистора с сопротивлением 370(кОм).

2.3 Разработка схемы ФЭЧ.

Для измерения излучения, проходящегося на каждый из четырех областей, будем использовать четыре фотодиода, включенных последовательно с резистором, сигнал в виде напряжения, будем снимать с

каждого резистора. Их этих соображений составили схему фотоэлектрической части рисунок 2.2.

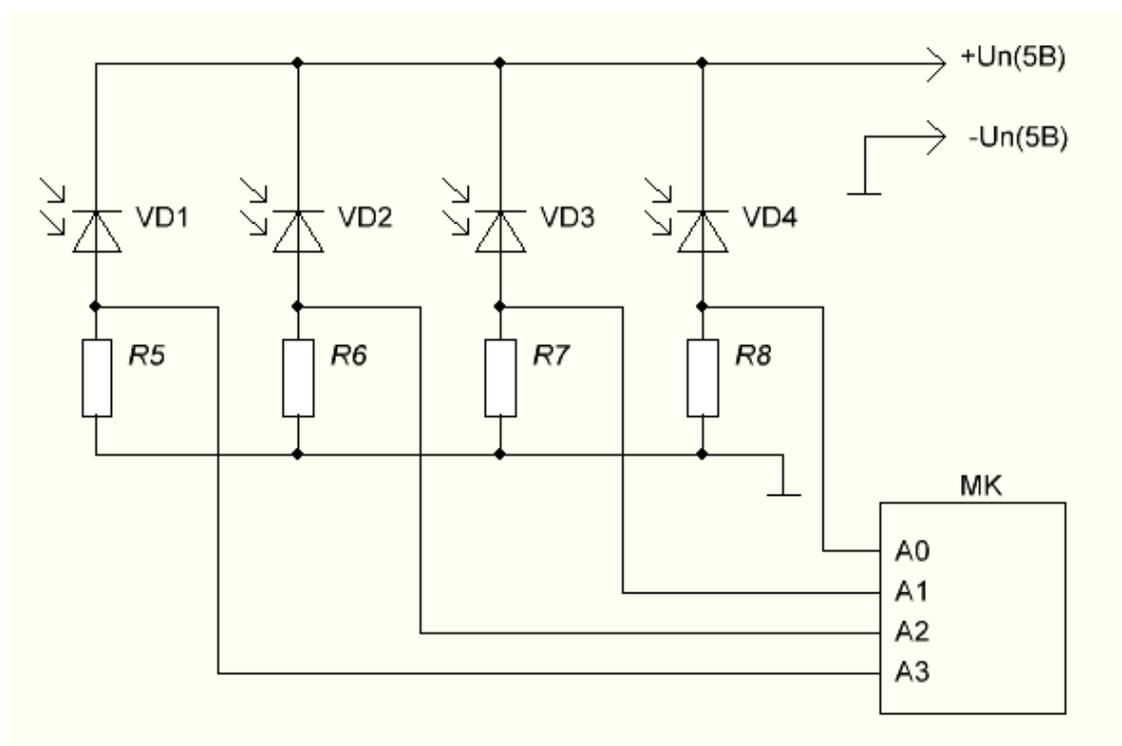


Рисунок 2.2.

Назначение элементов на схеме:

а) фотодиоды VD1-VD4:

- 1) VD1 - фотодиод сектора "А", рисунок 1.6.
- 2) VD2 - фотодиод сектора "В", рисунок 1.6.
- 3) VD3 - фотодиод сектора "С", рисунок 1.6.
- 4) VD4 - фотодиод сектора "D", рисунок 1.6.

б) МК - микропроцессор.

в) A0, A1, A2, A3 - аналоговые входы микропроцессора.

2.4 Выбор элементов ФЭЧ.

Для ФЭЧ были выбраны следующие элементы:

а) из соображения доступности в качестве фотодиода был выбран прибор КДФ115А5.

б) в качестве резистора для цепи с фотодиодом был выбран резистор номиналом 390(кОм) из ряда стандартных номиналов резисторов E24.

2.4 Разработка микропроцессорной системы управления

Была разработана следующая принципиальная электрическая схема драйвера устройства, рисунок 2.4.1. Процесс разработки будет изложен в подразделах 2.6, 2.7.

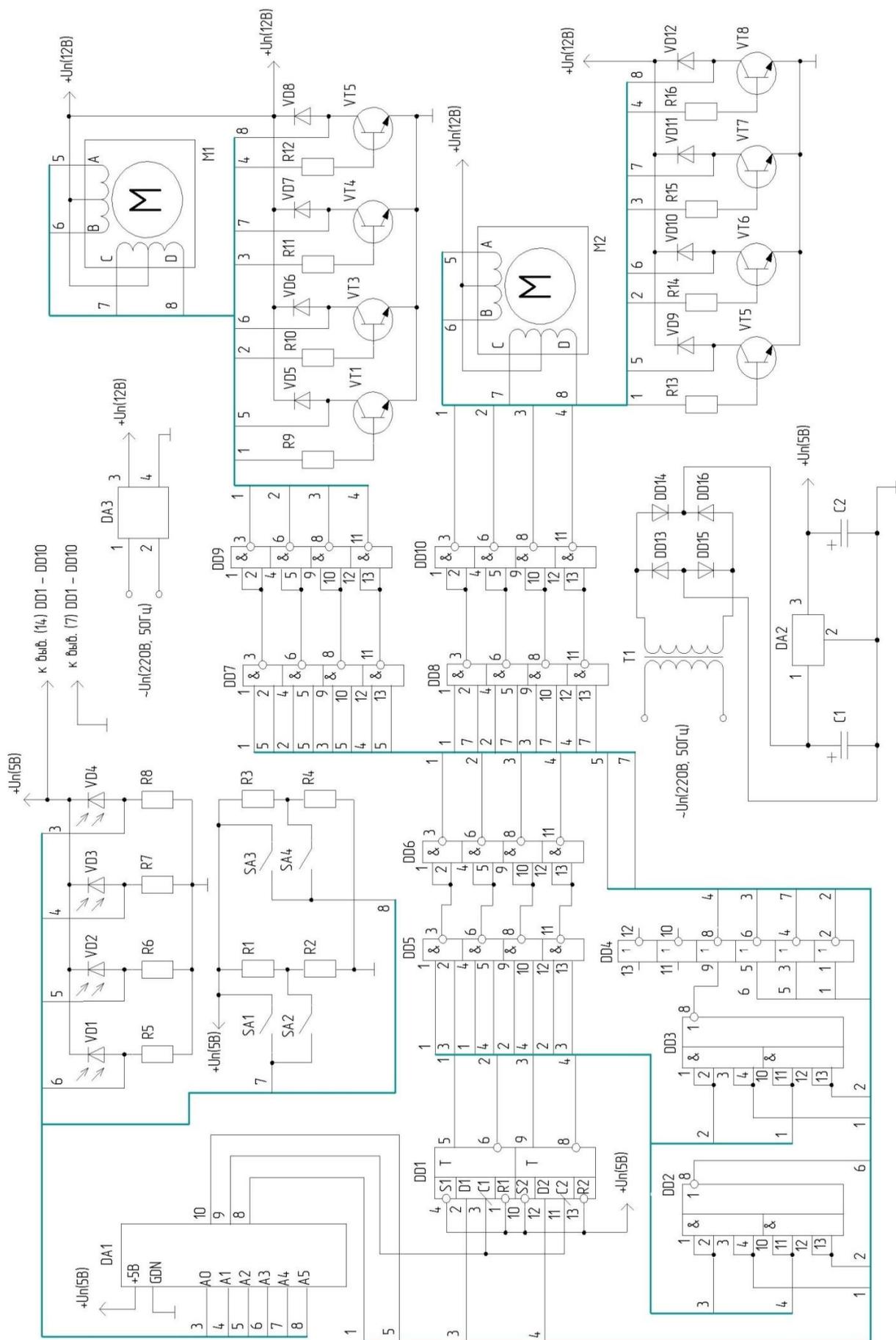


Рисунок 2.3. Схема электрическая принципиальная.

2.5 Разработка программы для микроконтроллера.

2.5.1 Разработка функции слежения

2.5.2.1. Разработка алгоритма.

Алгоритм, рисунок 2.4, делится на две части. Первая часть будет осуществлять функцию калибровки панели с фотоэлектрической частью. Функция калибровки заключается в том, что программа определяет серединное положение между двумя крайними положениями по вертикальной и горизонтальной осям. Определив координаты, микропроцессор на схеме DA1, рисунок 2.3, через драйвер, управляя двигателями "M1" и "M2", перемещает панель с фотоэлектрической частью. Подробно функция калибровки будет описана ниже. Вторая часть алгоритма реализует функцию слежения за источником света. Алгоритм управления перемещением панели с солнечным элементом, в зависимости от перемещения источника света, при получении информации о перемещении при помощи фотоэлектрических датчиков на фотодиодах VD1-VD4. Программа должна управлять движением панели таким образом, чтобы ее поверхность оказалась перпендикулярна исходящим лучам источника света.

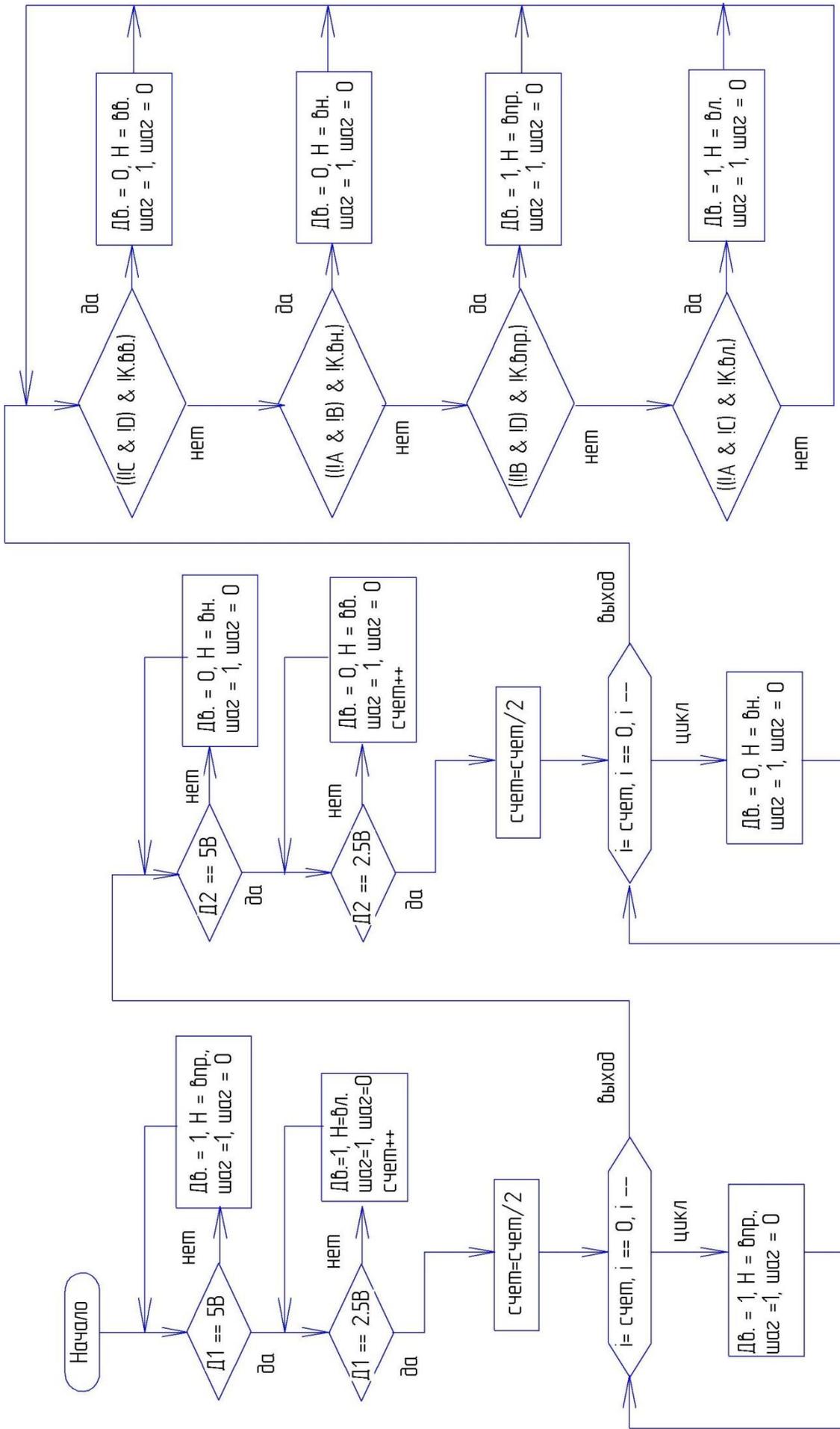


Рисунок 2.4. Алгоритм системы управления на микроконтроллере.

2.5.1.1 Разработка программы для ФЭЧ.

Микроконтроллер получает информацию от четырех фотоэлектрических датчиков. В зависимости от освещенности изменяется измеряемая величина. Если заранее установить определенный порог величины, и считать величины, которые меньше по величине этого порога за 0, и величины больше этого порога за 1, то можно составить таблицу возможных состояний датчиков и действий, которые нужно предпринять.

Ранее мы задали каждому датчику условное обозначение в виде буквы рисунок 1.6.

Определим возможные действия, которые нужно предпринять, то есть повернуть панель:

- а) Вв. - вверх
- б) Вн. - вниз
- в) Впр. – вправо
- г) Вл. – влево

Опишем зависимость предпринимаемых действий от возможных состояний датчиков, составим таблицу, таблица 2.2

Далее, инверсию сигнала, будем изображать символом (!).

Таблица 2.2. Состояния датчиков и предпринимаемые действия

	A	B	C	D	Вв.	Вн.	Впр.	Вл.
1	1	0	0	0	1	0	1	0
2	0	1	0	0	1	0	0	1
3	0	0	1	0	0	1	1	0
4	0	0	0	1	0	1	0	1
5	1	1	0	0	1	0	0	0
6	0	0	1	1	0	1	0	0
7	1	0	1	0	0	0	1	0
8	0	1	0	1	0	0	0	1

2.5.1.2 Составление функций состояний ФЭЧ.

Чтобы составить логическую функцию для каждого действия и минимизировать ее, составим карту Карно для каждого действия:

Таблица Карно для действия – вверх, таблица 2.3.

Таблица 2.3 Карта Карно, действие (вверх).

	A		!A		
B	1	0	0	1	!D
	0	0	0	0	D
!B	0	0	0	0	
	1	0	0	0	!D
	!C		C		!C

Таблица Карно для действия – вниз, таблица 2.4

Таблица 2.4. Карта Карно, действие (вниз).

	A		!A		
B	0	0	0	0	!D
	0	0	0	0	D
!B	0	0	1	1	
	0	0	1	0	!D
	!C		C		!C

Таблица Карно для действия – вправо, таблица 2.5.

Таблица 2.5. Карта Карно, действие (вправо).

	A		!A		
B	0	0	0	0	!D
	0	0	0	0	D
!B	0	0	0	0	
	1	1	1	0	!D
	!C		C		!C

Таблица Карно для действия – влево, таблица 2.6.

Таблица 2.6. Карта Карно, действие (влево).

	A		!A		
B	0	0	0	1	!D
	0	0	0	1	D
!B	0	0	0	1	
	0	0	0	0	!D
	!C		C		!C

2.5.1.3 Получение логических функций ФЭЧ.

По составленным таблицам Карно, произведя склейку, получили следующие логические функции:

$$\text{а) } B\bar{B}. = (\bar{C} \& \bar{D}) \quad (1)$$

$$\text{б) } B\bar{H}. = (\bar{A} \& \bar{B}) \quad (2)$$

$$\text{в) } B\bar{p}\bar{r}. = (\bar{B} \& \bar{D}) \quad (3)$$

$$\text{г) } B\bar{l}. = (\bar{A} \& \bar{C}) \quad (4)$$

2.5.2 Разработка программы для датчиков конечного положения.

Для фиксации вращения панели в ограниченных пределах, применим датчики конечного положения (далее ДКП), на схеме SA1-SA4, рисунок 2.4.1, с помощью которых будем прекращать определенное действие в зависимости от срабатывания соответствующего датчика.

Сигналы с датчиков представляют разные уровни напряжения, находящиеся в пределах от 0 до 5(В). Сигналы подаются на аналоговые входы микропроцессора. Микропроцессор, используя встроенный аналогово-цифровой преобразователь, переводит сигналы в числовую форму. Используя программные функции сравнения, можно определить какому датчику соответствует данный сигнал.

2.5.2.1 Определения датчиков конечного положения.

Сигналом для прекращения движения будут определяться датчиками:

- а) "Вверх" – далее (Квв.), SA1, рисунок 2.4.1.
- б) "Вниз" – далее (Квн.), SA2, рисунок 2.4.1.
- в) "Вправо" – далее (Квпр.), SA3, рисунок 2.4.1.
- г) "Влево" – далее (Квл.), SA4, рисунок 2.4.1.

Внесем в логические функции зависимость от состояния ДКП:

$$\text{а) } V_v = ((!C \& !D) \& !K_{vv}) \quad (5)$$

$$\text{б) } V_n = ((!A \& !B) \& !K_{vn}) \quad (6)$$

$$\text{в) } V_{pr} = ((!B \& !D) \& !K_{vpr}) \quad (7)$$

$$\text{г) } V_l = ((!A \& !C) \& !K_{vl}) \quad (8)$$

2.5.2.2 Разработка функции калибровки.

Перед запуском функции слежения, будет работать функция калибровки положения панели по горизонтальной и вертикальным осям. Для этого будем поворачивать панель по вертикальной оси вправо, до датчика (Квпр.). После этого будем вращать влево до датчика (Квл.) и считать шаги.

Как только панель дойдет до датчика, разделим полученное количество посчитанных шагов на два, и на полученное число повернем панель в противоположную сторону. После этого повторим проделанные шаги для горизонтальной оси, датчиков (Квв.) и (Квн.). Будем поворачивать панель по вертикальной оси вверх, до датчика (Квв.), после этого начнется вращение вниз, до датчика (Квн.) и счет шагов. Как только панель дойдет до датчика, разделим полученное количество посчитанных шагов на два, и на полученное число повернем панель в противоположную сторону.

Полученная программа будет приведена далее в разделе три.

2.6 Разработка схемы драйвера

Для управления шаговым двигателем необходимо формировать определенную последовательность импульсов напряжения на его обмотках рисунок 2.5.

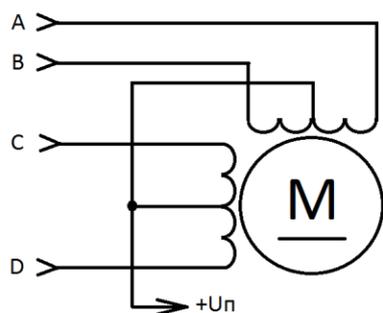


Рисунок 2.5 Подключение обмоток шагового двигателя.

2.6.1 Определение последовательности импульсов.

Диаграмма импульсов для первого направления движения, рисунок 2.4.

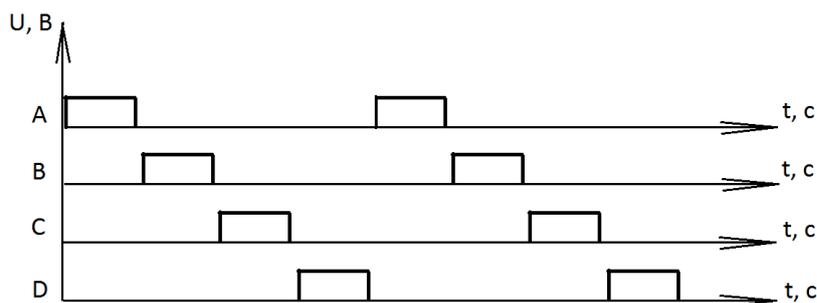


Рисунок 2.6. Диаграмма импульсов для первого направления движения.

Диаграмма импульсов для второго направления движения, рисунок 2.5.

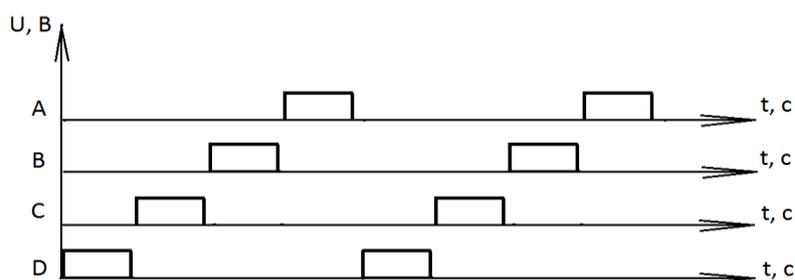


Рисунок 2.7. Диаграмма импульсов для второго направления движения.

2.7 Расчет схемы драйвера.

2.7.1 Синтез цифрового автомата.

Для реализации такой последовательности, рисунок 2.4-2.5, синтезируем автомат, который реализует последовательность в виде кода Грея, который дешифратором преобразуется в заданную последовательность[7].

Опишем работу автомата в виде таблиц.

а) Состояния автомата для первого направления движения, таблица 2.7

Таблица 2.7. Для первого направления движения.

№	Q1	Q2
1	0	0
2	0	1
3	1	1
4	1	0

б) Состояния автомата для второго направления движения, таблица 2.8.

Таблица 2.8. Для второго направления движения

№	Q1	Q2
1	0	0
2	1	0

3	1	1
4	0	1

2.7.1.1 Реализация автомата.

В таблицах 2.7 и 2.8, четыре выходных сигнала, и четыре состояния, определяющие эти сигналы. Для реализации такого автомата нужно два триггера. В качестве триггеров возьмем D-триггеры, переключающие свое состояние по переднему фронту тактового сигнала, зависимость состояния на выходе триггера от состояний на его входах, показывает таблица 2.9:

Таблица 2.9. Таблица переключений D-триггера.

D	C	Q _t	Q _{t+1}
0	1	0	0
1	1	0	1
0	1	1	0
1	0	1	1

Следующее состояние автомата после переключения, зависит от входных сигналов, входными сигналами является текущее состояние на выходе автомата перед переключением, по этому принципу составим таблицу переключений.

а) Для первого направления движения, таблица 2.10.

Таблица 2.10. Таблица переключений для первого направления.

№	t ₀		t ₊₁	
	Q1	Q2	Q1	Q2
1	0	0	0	1
2	0	1	1	1
3	1	1	1	0
4	1	0	0	0

б) Для второго направления движения, таблица 2.11.

Таблица 2.11. Таблица переключений для второго направления.

№	t_0		t_{+1}	
	Q1	Q2	Q1	Q2
1	0	0	1	0
2	1	0	1	1
3	1	1	0	1
4	0	1	0	0

2.7.1.2 Составление логических функций автомата.

Чтобы составить логическую функцию для каждого действия и минимизировать ее, составим карту Карно для каждого действия:

а) Для первого направления движения.

1) Для первого триггера, таблица 2.12.

Таблица 2.12. Для первого триггера, первого направления.

	Q1	!Q1
Q2	11	01
!Q2	10	00

2) Для второго триггера, таблица 2.13.

Таблица 2.13. Для второго триггера, первого направления.

	Q1	!Q1
Q2	10	11
!Q2	00	01

б) Для второго направления движения.

1) Для первого триггера, таблица 2.14.

Таблица 2.14. Для первого триггера, второго направления.

	Q1	!Q1
Q2	10	00
!Q2	11	01

2) Для второго триггера, таблица 2.15.

Таблица 2.15. Для второго триггера, второго направления.

	Q1	!Q1
Q2	11	10
!Q2	01	00

Пользуясь таблицей 2.9, определим состояния переходов:

а) Для первого направления движения.

1) Для первого триггера, таблица 2.16.

Таблица 2.16. Для первого триггера, первого направления.

	Q1	!Q1
Q2	1	1
!Q2	0	0

2) Для второго триггера, таблица 2.17.

Таблица 2.17. Для второго триггера, первого направления.

	Q1	!Q1
Q2	0	1
!Q2	0	1

б) Для второго направления движения.

1) Для первого триггера, таблица 2.18.

Таблица 2.18. Для первого триггера, второго направления.

	Q1	!Q1
Q2	0	0
!Q2	1	1

2) Для второго триггера, таблица 2.19.

Таблица 2.19. Для второго триггера, второго направления.

	Q1	!Q1
Q2	1	0
!Q2	1	0

Произведем склейку и выразим полученный результат в виде логических уравнений:

а) Для первого направления движения:

$$1) D1 = Q2 \quad (9)$$

$$2) D2 = !Q1 \quad (10)$$

б) Для второго направления движения:

$$1) D1 = !Q2 \quad (11)$$

$$2) D2 = Q1 \quad (12)$$

2.7.1.3. Составление электрической схемы автомата.

По полученным уравнениям составим принципиальную электрическую схему автомата[7]:

а) Схема автомата для первого направления, рисунок 2.8.

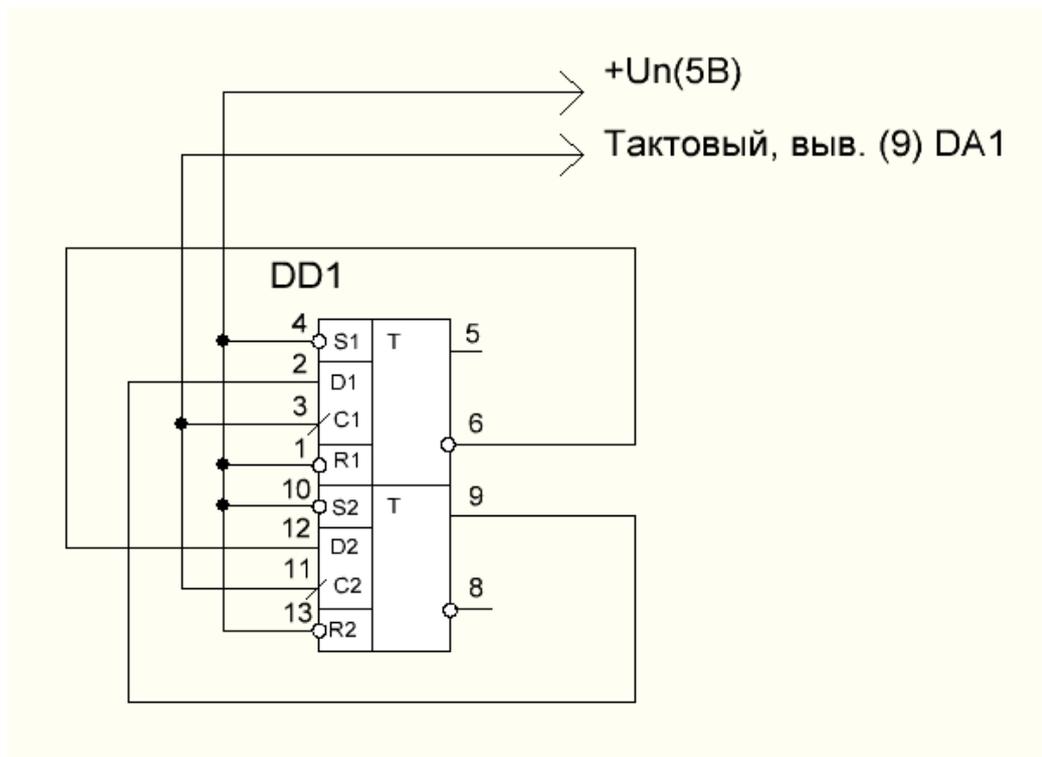


Рисунок 2.8. Схема для первого направления.

б) Схема автомата для второго направления, рисунок 2.9.

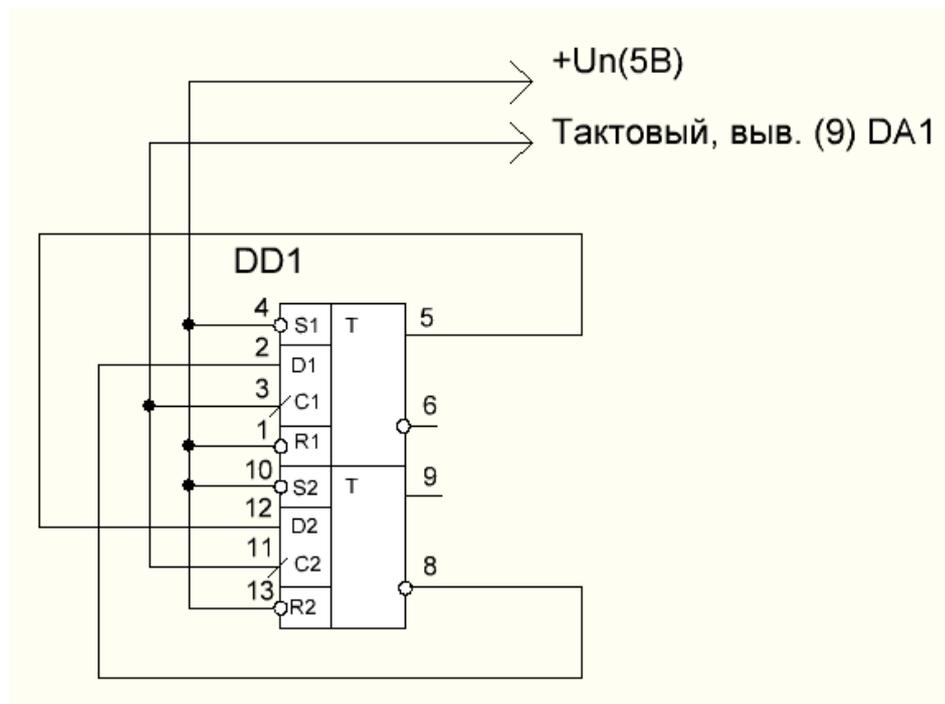


Рисунок 2.9. Схема для второго направления.

В качестве триггеров будем использовать микросхему КР1533ТМ2, которая содержит два D-триггера, срабатывающих по переднему фронту тактового сигнала.

У триггеров кроме входа "D" и "С", есть входы S(Set) и R(Reset), которые на входе имеют инверсию. Для исключения помехи, связанной с появлением на этих входах логической единицы, на эти входы подан положительный потенциал от источника питания.

Из схемы видно, что для изменения направления последовательности кода Грея, который создает автомат, нужно поменять:

- а) Вывод D1 с Q2 на !Q2.
- б) Вывод D2 с !Q1 на Q1.

Составим таблицу, содержащую данную зависимость:

- а) Для вывода "D1", первого триггера, таблица 2.20.

Таблица 2.20. Для вывода "D1", первого триггера.

Q2	!Q2	Н	D1
1	0	1	1
0	1	0	1
1	0	0	0
0	1	1	0

- б) Для вывода "D2", второго триггера, таблица 2.21.

Таблица 2.21. Для вывода "D2", второго триггера.

Q1	!Q1	Н	D2
0	1	1	1
1	0	0	1
0	1	0	0
1	0	1	0

По полученным таблицам составим логические уравнения:

$$а) D1 = (Q2 \times H) + (!Q2 \times !H) \quad (13)$$

$$б) D2 = (!Q1 \times H) + (Q1 \times !H) \quad (14) \quad 33$$

По полученным уравнениям составим принципиальную электрическую схему, рисунок 2.10:

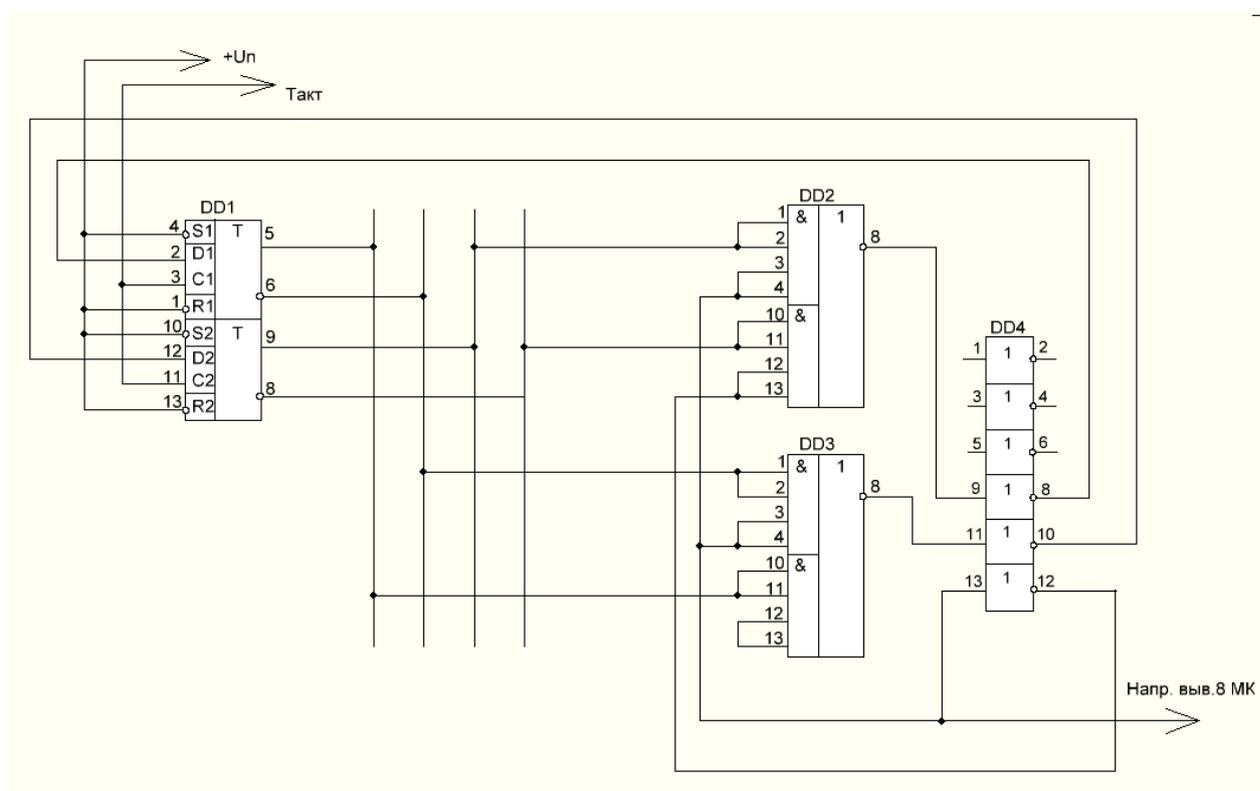


Рисунок 2.10. Схема логического переключения направления.

2.7.2 Синтез дешифратора.

Состояние на выходе дешифратора зависит от состояния на выходе автомата, опишем данную зависимость в виде таблиц:

а) Состояния на выходе дешифратора для первого направления движения, таблица 2.12.

Таблица 2.12. Состояния на выходе дешифратора для первого направления.

№	Q1	Q2	A1/A2	B1/B2	C1/C2	D1/D2
1	0	0	1	0	0	0
2	0	1	0	1	0	0
3	1	1	0	0	1	0
4	1	0	0	0	0	1

б) Состояния на выходе дешифратора для второго направления движения, таблица 2.13.

Таблица 2.13. Состояния на выходе дешифратора для второго направления.

№	Q1	Q2	A1/A2	B1/B2	C1/C2	D1/D2
1	0	0	1	0	0	0
2	1	0	0	0	0	1
3	1	1	0	0	1	0
4	0	1	0	1	0	0

2.7.2.1 Составление логических функций дешифратора.

Для составления логических функций, и их минимизации, составим карты Карно для каждого триггера, в которых запишем все его состояния.

Пользуясь таблицами 2.12 и 2.13, составим логические уравнений зависимости состояния на выходе дешифратора от состояния на выходе автомата:

$$A1/A2 = Q1 \times Q2 \quad (15)$$

$$B1/B2 = Q1 \times !Q2 \quad (16)$$

$$C1/C2 = !Q1 \times !Q2 \quad (17)$$

$$D1/D2 = !Q1 \times Q2 \quad (18)$$

2.7.2.2 Разработка схемы дешифратора.

По полученным уравнениям составим принципиальную электрическую схему, рисунок 2.11:

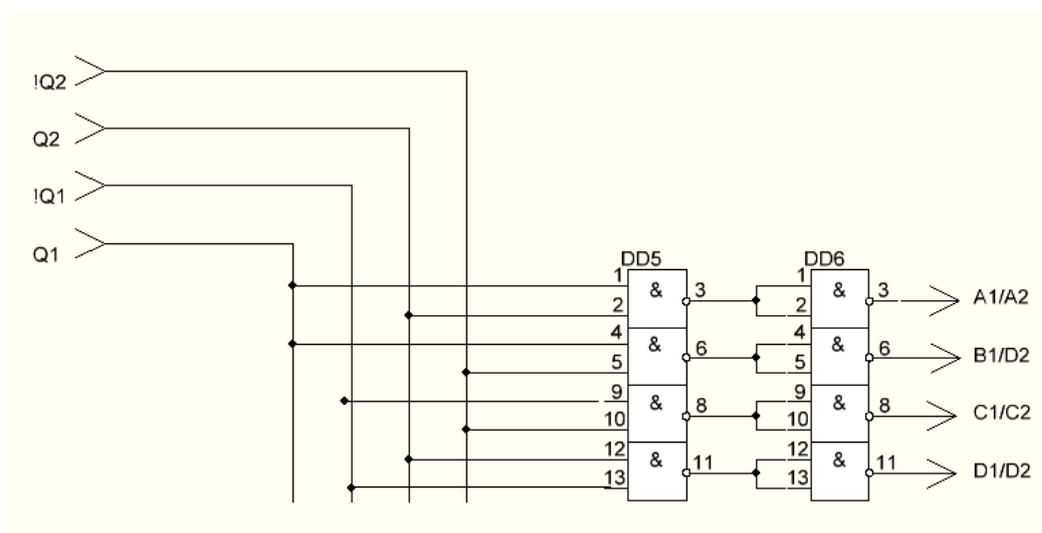


Рисунок 2.11. Схема дешифратора.

2.7.3. Устройство переключения между двумя двигателями.

У нас два шаговых двигателя, для того чтобы того чтобы иметь возможность переключения между двигателями, составим следующую зависимость, оформим ее в таблице 2.14.

Таблица 2.14.

№	Дв.	A1/A2	B1/B2	C1/C2	D1/D2	A1	B1	C1	D1	A2	B2	C2	D2
1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1

где:

- а) Дв. - Логический сигнал переключения между двигателями.
- б) A1/A2, B1/B2, C1/C2, D1/D2 - логический сигнал с выхода дешифратора.
- в) A1, B1, C1, D1 - входы транзисторных коммутаторов фаз первого двигателя.
- г) A2, B2, C2, D2 - входы транзисторных коммутаторов фаз второго двигателя.

По таблице составим логические уравнения зависимости сигнала на входах транзисторных коммутаторах фаз двигателей от логического сигнала переключения между двигателями:

$$A1 = \text{Дв.} \times A1/A2 \quad (19)$$

$$B1 = \text{Дв.} \times B1/B2 \quad (20)$$

$$C1 = \text{Дв.} \times C1/C2 \quad (21)$$

$$D1 = \text{Дв.} \times D1/D2 \quad (22)$$

$$A2 = \neg \text{Дв.} \times A1/A2 \quad (23)$$

$$B2 = \neg \text{Дв.} \times B1/B2 \quad (24)$$

$$C2 = \neg \text{Дв.} \times C1/C2 \quad (25)$$

$$D2 = \neg \text{Дв.} \times D1/D2 \quad (26)$$

По данным логическим уравнениям составим принципиальную электрическую схему, рисунок 2.12:

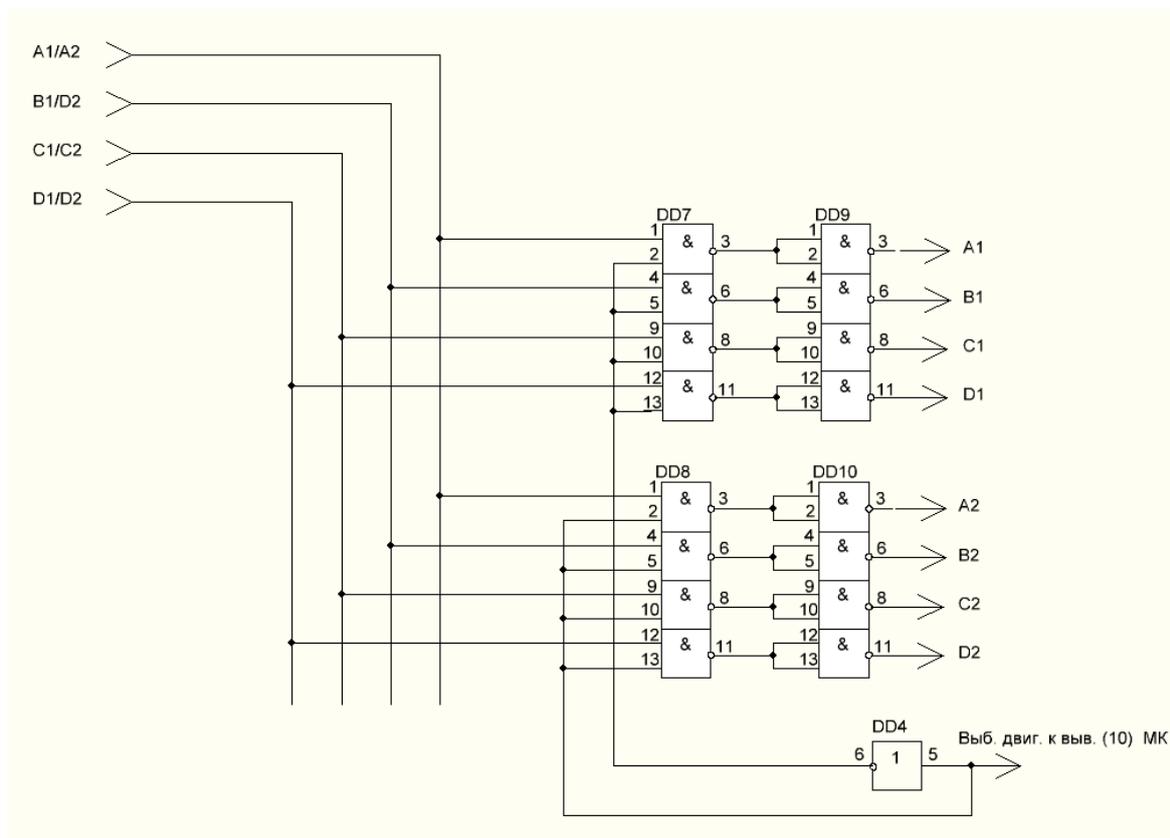


Рисунок 2.12. Схема устройства переключения между двигателями.

Временные диаграммы работы драйвера приведены в рисунке 2.13.

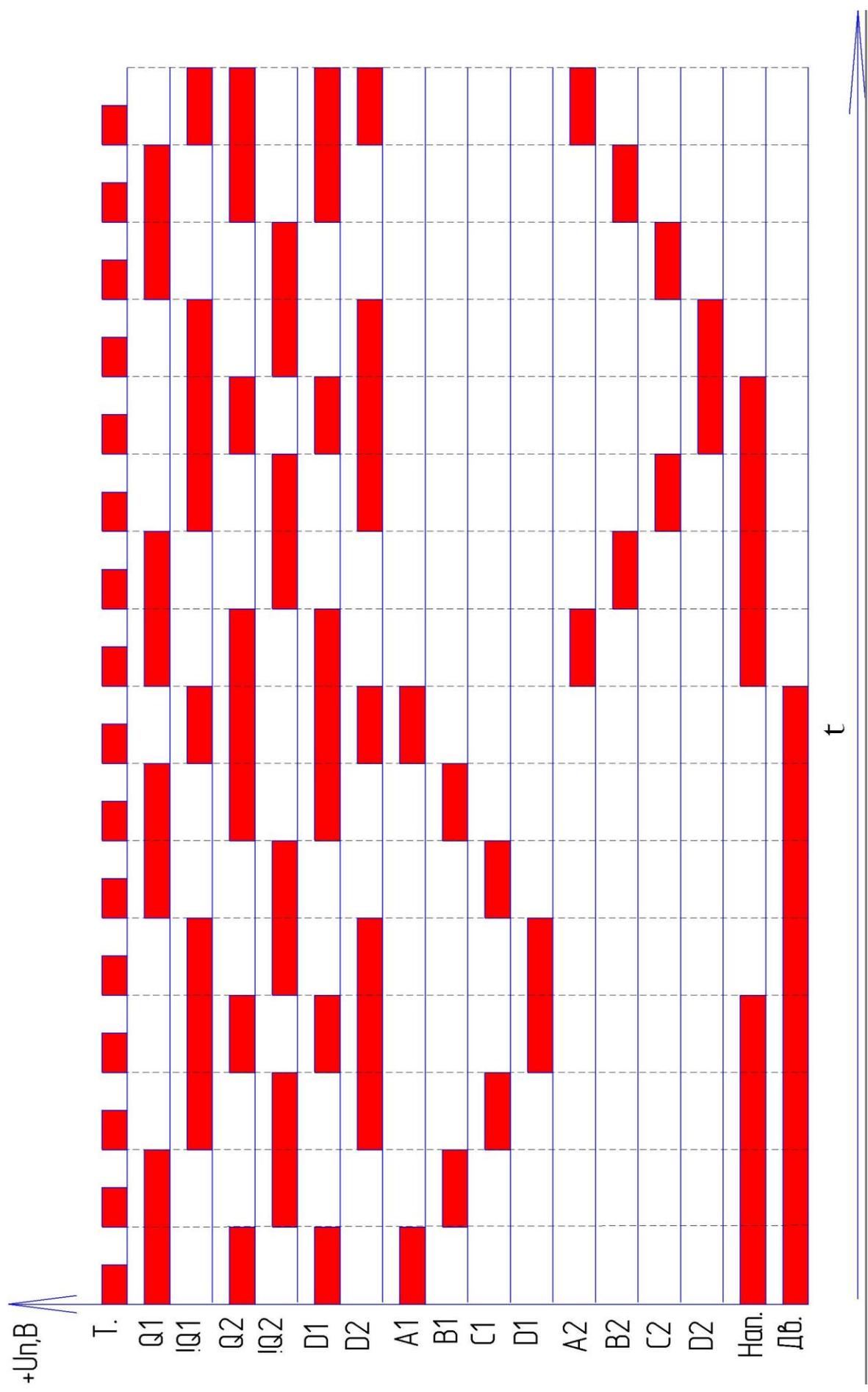


Рисунок 2.13. Временные диаграммы работы драйвера.

2.7.4. Расчет транзисторных коммутаторов фаз двигателей.

Для управления двигателями будем использовать биполярные транзисторы. Каждую фазу двигателя коммутирует один транзистор. Схема управления для каждой фазы одинаковая, поэтому, рассчитаем элементы для одной фазы.

2.7.4.1 Схема транзисторного управления для двигателей:

а) Для двигателя М1, рисунок 2.14.

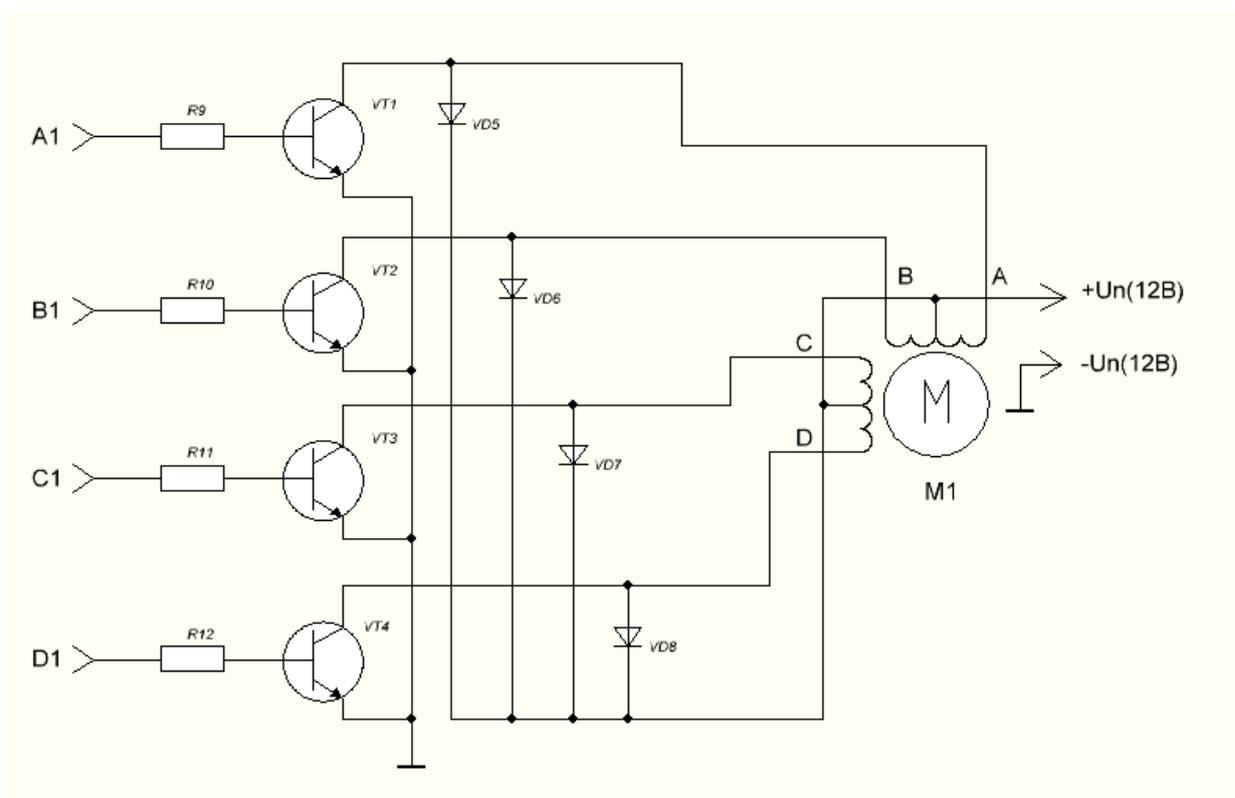


Рисунок 2.14. Транзисторный коммутатор для первого двигателя.

б) Для двигателя М2, рисунок 2.12.

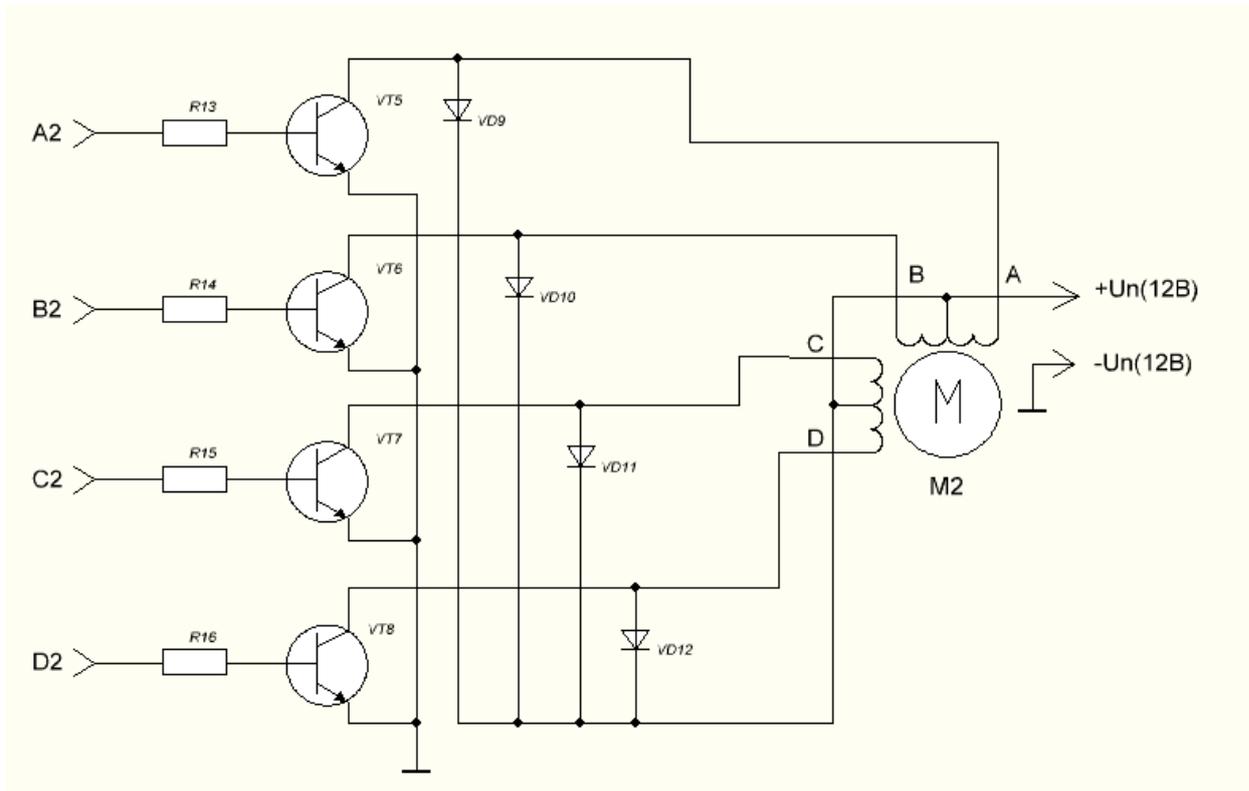


Рисунок 2.15. Транзисторный коммутатор для второго двигателя.

2.7.4.2 Расчет элементов транзисторных коммутаторов:

Рассчитаем максимальный ток проходящий через фазу

$$I_{\phi\max} = U_{\phi} / R_{\phi} = 12 / 13 = 0.92 \text{ (A)} \quad (27)$$

Где:

U_{ϕ} – максимальное напряжение приходящуюся на одну фазу – 12(В)

R_{ϕ} – сопротивление одной фазы – 13(Ом)

Необходимо подобрать такой транзистор, максимальный коллекторный ток которого больше максимального тока фазы.

Выбрали транзистор - КТ972А, его характеристики:

Максимальный ток коллектора $I_{k\max} = 2 \text{ (A)}$, максимальное напряжение коллектор-эмиттер транзистора $U_{k-э} = 60 \text{ (В)}$,

напряжение база-эмиттер $U_{б-э} = 5 \text{ (В)}$, напряжение насыщения $U_{б-э\text{нас}} = 2,5 \text{ (В)}$

статический коэффициент передачи тока $h_{21E} = 750$.

Для того чтобы транзистор перевести в режим насыщения, нужно чтобы коллекторный ток был в три-пять раз больше отношения входного тока транзистора его коэффициенту передачи

Рассчитаем необходимый ток базы транзистора I_b :

$$I_b = 3 * I_{\text{фmax}} / h_{21E} = 3 * 0.92 / 750 = 0,0036(\text{А}) \quad (28)$$

Где:

I_b – ток базы транзистора

$I_{\text{фmax}}$ – ток фазы обмотки двигателя

h_{21E} – статический коэффициент передачи тока транзистора

Вычислим сопротивление резистора в цепи базы R_b :

$$R_b = (U_{\text{DDлог1}} - U_{\text{б-э нас}}) / I_b = (3,4 - 2,5) / 0,0036 = 250(\text{Ом}) \quad (29)$$

Где:

$U_{\text{DDлог1}}$ – напряжение логической единицы на выходе логического элемента

$U_{\text{б-э нас}}$ – напряжение насыщения база-эмиттер транзистора.

2.7.4.2 Расчет защитных диодов.

Нагрузкой транзисторов VT1-VT8, являются обмотки фаз двигателей. Обмотки двигателя обладают индуктивностью. Во время закрывания транзисторов, ток в обмотках уменьшается. При уменьшении тока в обмотке, появляется электродвижущая сила (Э.Д.С), которая стремится компенсировать уменьшения тока, вследствие чего на обмотке появляется напряжение. Полярность напряжения следующая, плюс направлен к коллектору, минус к плюсу источника питания. Таким образом, к транзистору подводится два последовательно подключенных источника питания Э.Д.С самоиндукции и напряжение питания. В результате повышенное напряжение может пробить транзистор и вывести его из строя.

Для защиты транзистора применяется защитный диод. Диод подключен параллельно нагрузке транзистора, обмотке двигателя. Полярность подключения диода такая, под действием напряжения Э.Д.С самоиндукции, диод открывается и весь ток обмотки проходит по диоду, отводя от транзистора. Таким образом происходит защита транзистора.

Максимальный ток через защитный диод.

При закрывании транзистора, Э.Д.С самоиндукции пытается вернуть величину тока, до той величины, которой он обладал при открытом транзисторе. После чего величина тока спадает по экспоненте. Таким образом максимальный ток через защитный диод не может быть больше максимального тока через обмотку фазы двигателя.

Максимальный ток через защитный диод I_{vdmax} , равняется максимальному току фазы I_{fmax} , из формулы (27), равняется $I_{fmax}=0.92(A)$.
 $I_{vdmax}=0.92(A)$.

В качестве диода выберем диод 1N4007, обладающий следующими характеристиками:

- 1) Максимальный ток через диод - 1(A)
- 2) Максимальное обратное напряжение диода - 1000(B)
- 3) импульсный ток через диод, при длительности импульса 3,8(мс) - 30(A)

2.7.5 Расчет элементов блока питания.

Блок питания для на напряжения 5(B), состоит из трансформатора T1, схема, рисунок 2.3, диодного моста на диодах VD13-VD16, сглаживающих конденсаторов C1, C2 и линейного стабилизатора на микросхеме DA2.

2.7.5.1 Определение максимального тока нагрузки.

Необходимо определить суммарный ток потребления питающихся элементов от источника питания. Определим сколько потребляет каждый элемент:

- 1) DA1 - плата ARDUINO UNO, ток потребления 40(мА)
- 2) DD1 - KP1533TM2, ток потребления 4(мА)
- 3) DD2, DD3 - K155LP4, ток потребления 10(мА), $10(мА) * 2 = 20(мА)$ (30)
- 4) DD4 - K155ЛН3, ток потребления 50(мА)
- 5) DD5 - DD10 - K155ЛА3, ток потребления 22(мА), $22(мА) * 6 = 132(мА)$ (31)
- 6) блок ФЭД, максимальный ток определяется фотодиодом и составляет 30(мкА), таких приборов четыре, значит суммарный ток ФЭЧ составляет 120(мкА).
- 7) блок датчиков конечного положения(БДКП), состоит из двух делителей, каждый делитель потребляет 10(мА), суммарный ток равен 20(мА).

Определим суммарный ток:

$$\begin{aligned}
 I_{Hmax} &= (DA1) + I(DD1) + I(DD2, DD3) + \\
 &+ I(DD4) + I(DD5 - DD10) + I(\Phi ЭД) + I(БДКП) \\
 &= 40(\text{мА}) + 4(\text{мА}) + 20(\text{мА}) + 50(\text{мА}) + \\
 &+ 132(\text{мА}) + 120(\text{мкА}) + 20(\text{мА}) = 267(\text{мА})
 \end{aligned}
 \tag{32}$$

Выберем трансформатор ТП112-3, на напряжение вторичной обмотки 9(В), и с максимальным током 0,8(А).

Выбор диодов:

Определим максимальный ток каждый диод диодного моста VD13-VD16,

$$I_{vdmax} = 0.5 * B * I_{Hmax} = 0,5 * 2 * 0,3 = 0,3(\text{А}) \tag{33}$$

где

Б - коэффициент, зависящий от тока нагрузки и определяющийся по таблице 2.15.

Таблица 2.15. Определение коэффициента (Б).

Коэффициент	Максимальный ток нагрузки, А					
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Б	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,8

Из таблицы коэффициент "Б" равен (2,0).

Обратное напряжение диода должно быть в полтора раза больше напряжения питания, рассчитывается по формуле:

$$U_{VDобр} = 1,5 * U_H = 1.5 * 5 = 7.5(\text{В}) \tag{34}$$

где

U_H = напряжения питания, равно 5(В)

Из рассчитанных выше параметров, максимального тока через диод I_{vdmax} и обратного напряжения на диоде $U_{VDобр}$, выберем в качестве диодов VD13-VD16, диоды 1N4007 с максимальным током 1(А) и обратным напряжением 1000(В).

После выпрямления, диодным мостом, переменного напряжения, полученное в результате выпрямления постоянное напряжение имеет определенный уровень пульсаций. Для сглаживания постоянного напряжения и уменьшения уровня пульсаций, применим сглаживающий конденсатор. Для улучшения сглаживания, применим конденсатор C1, до линейного стабилизатора DA2 а конденсатор C2, после него.

Расчет конденсаторов C1, C2.

Рассчитаем конденсатор C1:

$$C_1 = 3200 * I_{Hmax} / U_H * K_{\Pi} = 3200 * 300 / 5 * 0,01 = 1920 (\text{мкФ}) \quad (35)$$

где

- 1) K_{Π} коэффициент пульсаций, для большинства электронных устройств, применим равным $K_{\Pi} = 0,01$.
- 2) I_{Hmax} - максимальный ток нагрузки в миллиамперах.

Рассчитаем конденсатор C2.

На выходе линейного стабилизатора примем коэффициент пульсаций равным $K_{\Pi} = 0,002$.

$$C_2 = 3200 * I_{Hmax} / U_H * K_{\Pi} = 3200 * 300 / 5 * 0,002 = 384 (\text{мкФ}) \quad (36)$$

2.7.5 Расчет схемы датчиков конечного положения.

Для каждого двигателя предусмотрены два датчика конечного положения. Сигнал с двух датчиков будет передаваться по одному проводу на вход микропроцессора.

Сигнал представляет из себя напряжение определенной величины. Так как уровень напряжения сигнала с датчиков разный, то по этой разнице микропроцессор определит, какому из датчиков соответствует данный сигнал.

Датчики представляют из себя герконы, которые замыкают свои выводы от приложенного внешнего магнитного поля. К схеме датчиков конечного положения подводится питание 5(В). Через контакты герконов напряжение питания будет передаваться на вывод микропроцессора.

Первый датчик будет передавать сто процентов питания, то есть 5(В), а второй через делитель напряжения, пятьдесят процентов, то есть 2.5(В).

2.7.5.1 Схема датчиков конечного положения, рисунок 2.16.

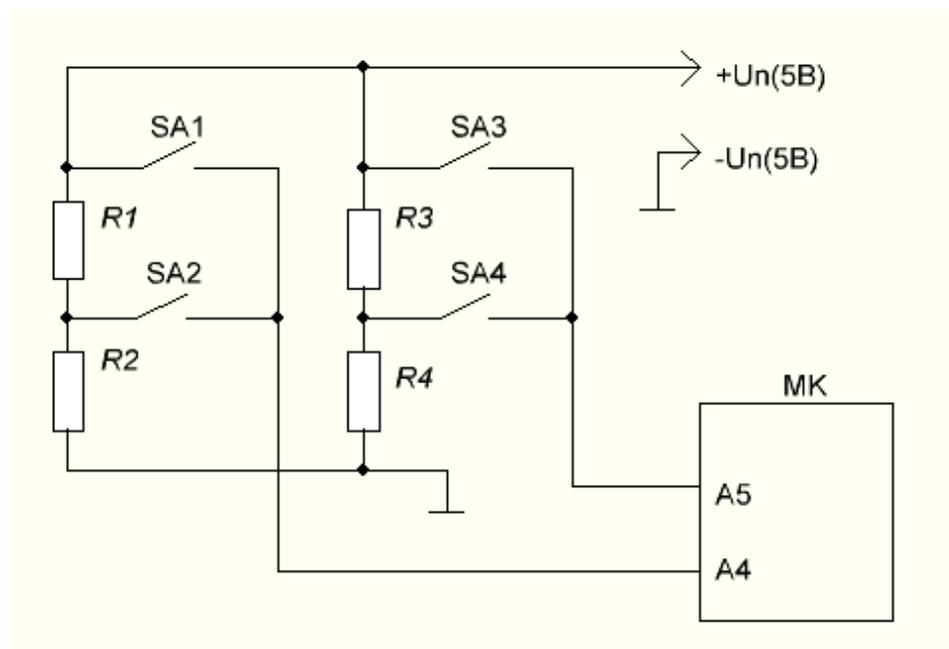


Рисунок 2.16. Схема датчиков конечного положения.

Назначение элементов на схеме:

- а) МК – микропроцессор
- б) А5, А4 – аналоговые входы микропроцессора
- в) SA1, SA2 – герконы для двигателя М1.
- г) SA3, SA4 – герконы для двигателя М2.

2.7.5.2 Расчет делителей напряжения на резисторах

Ток через делитель напряжения должен быть в три-пять раз больше тока потребителя, подключенного к делителю.

Потребителем служит аналоговый вход микропроцессора.

Вход потребляет ток менее 1мкА. Примем ток делителя равным 10мкА.

Рассчитаем общую величину сопротивления делителя, $R_{\text{общ}} = R1 + R2 = R3 + R4$:

$$R_{\text{общ}} = U_n / I_{\text{дел}} = 5 / 0,00001 = 500(\text{кОм}) \quad (37)$$

Рассчитаем величины сопротивлений входящих в состав делителя:

$$R = R_1, R_2, R_3, R_4.$$

$$R = R_{\text{общ}}/2 = 500000/2 = 250(\text{кОм}) \quad (38)$$

2.8 Выбор элементов схемы драйвера.

В качестве триггеров была использована микросхема – КР1533ТМ2, которая содержит два независимых D – триггера, которые срабатывают по фронту тактового сигнала. Также у каждого триггера есть инвертированные входы set(установка) и reset(сброс), таким образом триггеры могут работать в режиме RS-триггера. Так как когда выходы set(установка) и reset(сброс), никуда не подключены, то из-за наличия у них инверсии, на них появляется логическая единица. Для подачи на эти выходы логического нуля, эти выходы подключены к плюсовому выводу источника питания, имеющего напряжение 5(В).

Для реализации переключения направления последовательности импульсов в автомате нам необходимы для каждого D – входа триггеров, два логических элемента “два-И” и один логический элемент “два-ИЛИ”. С целью упрощения схемотехники, были использованы микросхемы – К155ЛР4, которые содержат два логических элемента “четыре -И” и один логический элемент “два-ИЛИ”.

Для реализации дешифратора, была использована микросхема К155ЛА3, которая содержит четыре логических элемента “два-И” с инверсией на выходе.

3. Программная часть

3.1 Листинг полученной программы:

```
int P1=1;
int P2=2;
int V=1;
class calibrov
{
int Dath1;          //датчик кр.лево(Dath1>900) кр.право(Dath1<500)
int Dath2;          //датчик кр.вверх(Dath2>900) кр.низ(Dath2<500)
int Pol_goriz;      //текущее положение по горизонтали
int Pol_vvert;      //текущее положение по вертикали
    boolean Pr1=0;   //перех по програм.
int podpr=1;        //перех по подпрограм.
    boolean nap_goriz; //направление вращения по горизонтали вправо(0),
влево(1)
    boolean nap_vvert; //направление вращения по вертикали вниз(0),
вверх(1)
    boolean vub_dvig; //выбор оси горизонталь(0), вертикаль(1)
int var=0;
int vhad;
boolean znah1;
boolean znah2;
public:
calibrov(int vh, boolean zn1, boolean zn2)
{
    vhad=vh;
    znah1=zn1;
    znah2=zn2;
}
```

```

void Update()
{
    Dath1 = analogRead(vhod);
    if(Pr1==0) //перех. в программу 1
    {
        if(podpr==1) //перех. в подпр 1
        {
            if(Dath1>500) //перем. в крайнее правое полож
            {
                digitalWrite(8, znah1);
                digitalWrite(9, HIGH);
                delay(1000);
                digitalWrite(9, LOW);
                delay(1000);
            }
        }
        else
        {
            podpr=2;
            delay(2000);
            return;
        }
    }

    if(podpr==2) //перех. в подпр 2
    {
        if(Dath1<900)
        {
            digitalWrite(8, znah2);
            digitalWrite(9, HIGH);
            delay(1000);
            digitalWrite(9, LOW);
        }
    }
}

```

```

        delay(1000);
        Pol_goriz++;
    }
    else
    {
        podpr=3;
        delay(2000);
        return;
    }
}

if(podpr==3)

{
    digitalWrite(8, znah1);
    while(var < Pol_goriz/2)
    {
        var++;
        digitalWrite(10, HIGH);
        delay(1000);
        digitalWrite(10, LOW);
        delay(1000);
        podpr=4;
    }
}

if(podpr==4)
{
    return;
}
}
};

```

```
calibrov odin(A0, HIGH, LOW);
```

```
calibrov dva(A1, LOW, HIGH);
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  pinMode(8, OUTPUT);
```

```
  pinMode(9, OUTPUT);
```

```
  pinMode(10, OUTPUT);
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
  if(V==1)
```

```
  { do
```

```
    {
```

```
      odin.Update();
```

```
      V=2;
```

```
    }while(V==3);
```

```
  }
```

```
  if(V==2)
```

```
  { dva.Update(); }
```

```
}
```

4. Экспериментальная часть.

По принципиальной электрической схеме, рисунок 2.3., собрали установку. С помощью двухканального цифрового осциллографа произвели измерения сигналов на узлах полученной установки. Далее на диаграммах первый канал будет обозначаться цифрой один, второй канал, цифрой два.

4.1 Измерение помер один.

Первый канал подсоединили к базовому выводу транзистора VT1, рисунок 2.3. Второй канал осциллографа, подсоединили к выводу три D-триггера, микросхемы DD1, к которому приходит тактовый сигнал от микропроцессора, Получили следующий осциллограмму, рисунок 4.1.

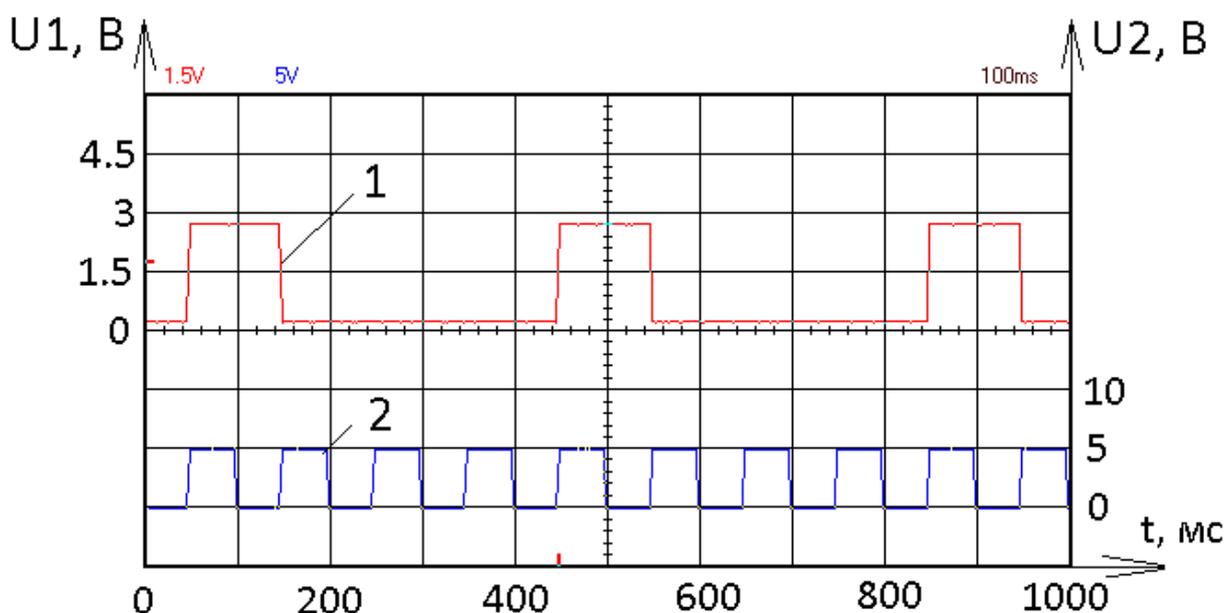


Рисунок 4.1. Измерение помер один.

4.2 Измерение номер два.

Первый канал осциллографа подключили в базовому выводу транзистора VT2, рисунок 2.3. Второй канал осциллографа подключили к базовому выводу транзистора VT1. Получили следующий осциллограмму, рисунок 4.2.

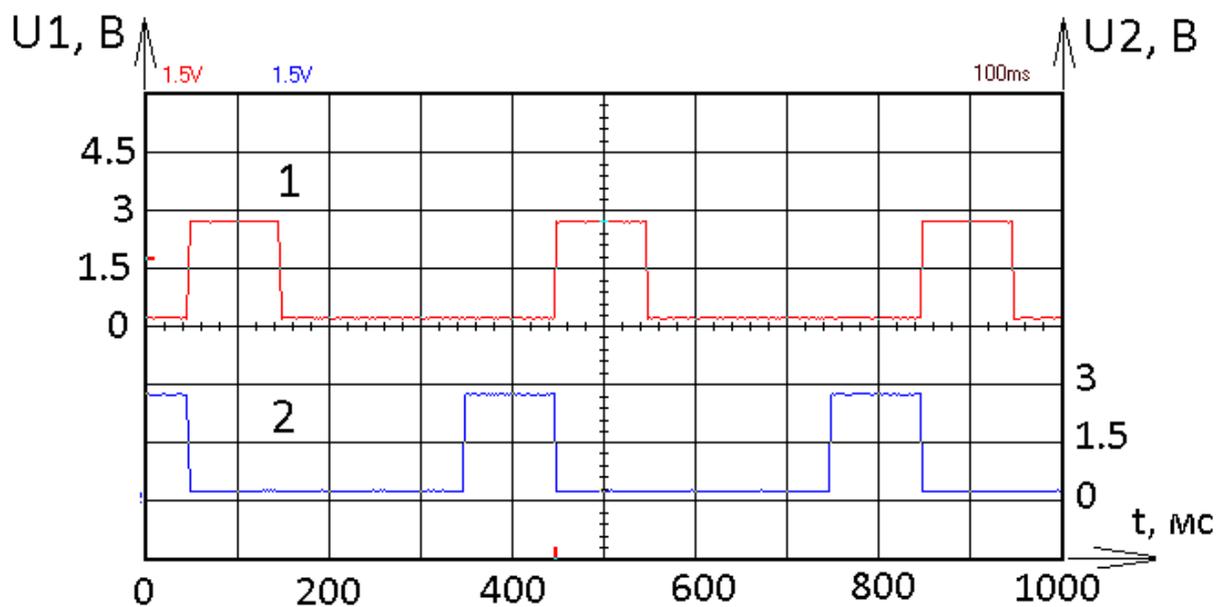


Рисунок 4.2. Измерение номер два.

4.3 Измерение номер три.

Первый канал осциллографа подключили к выводу шесть, второй канал осциллографа к выводу восемь, D- триггера, микросхемы DD1, рисунок 2.3. Получили следующую осциллограмму, рисунок 4.3.

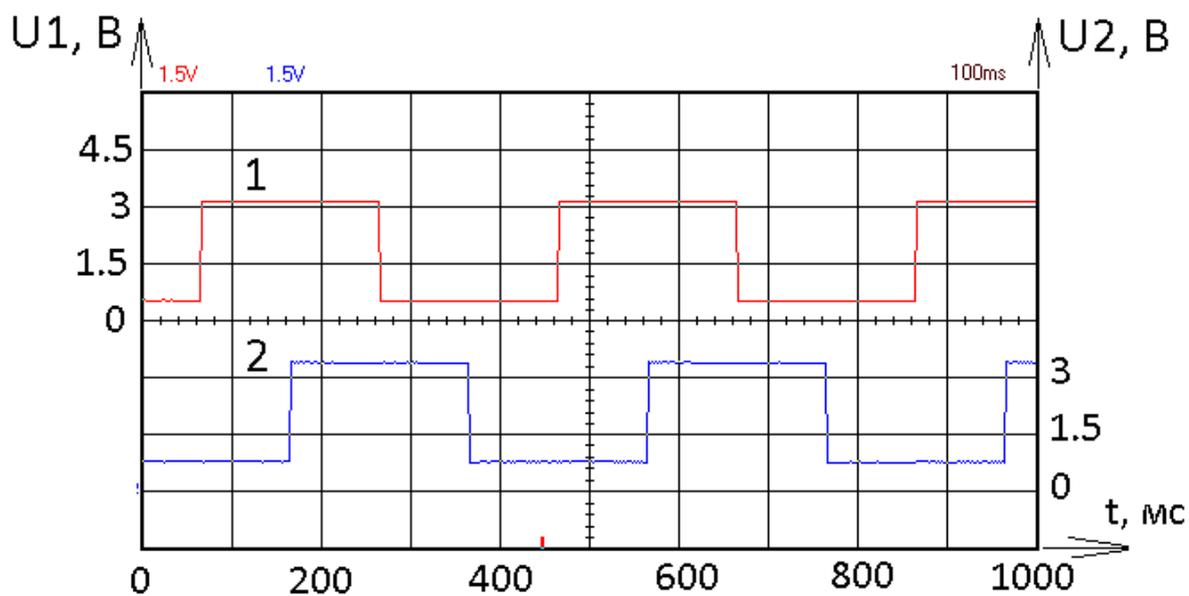


Рисунок 4.3. Измерение номер три.

4.4 Измерение номер четыре.

Первый канал осциллографа подключили к базовому выводу транзистора VT1, рисунок 2.4.1. Второй канал осциллографа к коллекторному выводу транзистора VT1. Получили следующую осциллограмму, рисунок 4.4.

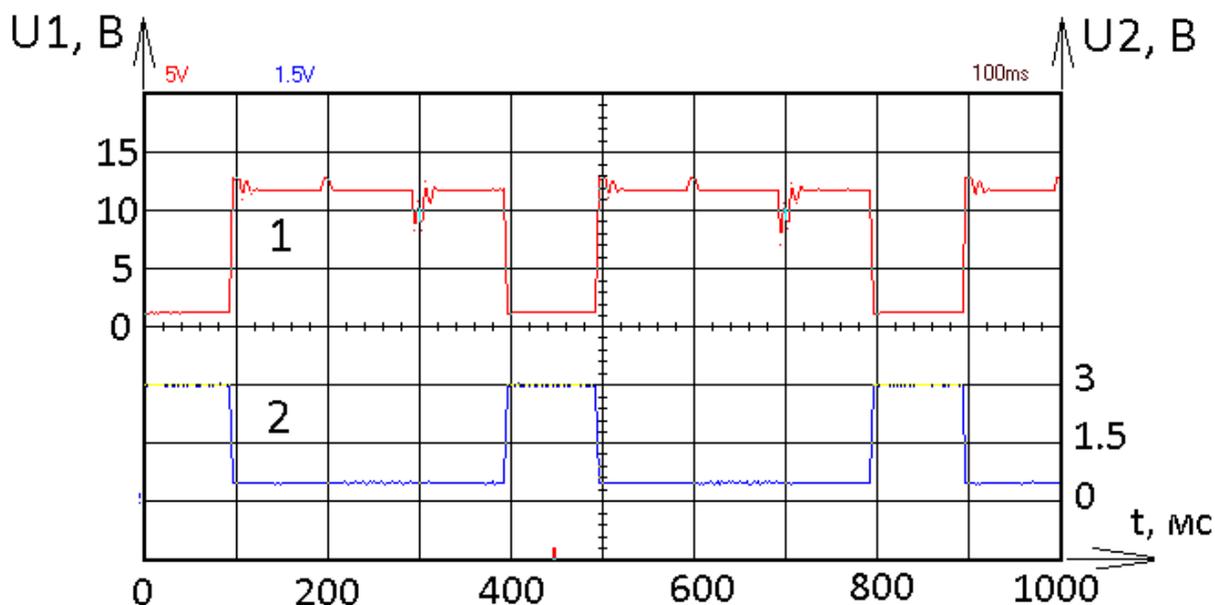


Рисунок 4.4. Измерение номер четыре

4.5 Измерение номер пять.

Измерение проводилось по такой же схеме что и измерение четыре, подраздел 4.4. В измерении номер четыре измерение проводилось при установке горизонтальной оси осциллографа - сто миллисекунд на деление. В данном измерении установку поменяли на - пять миллисекунд на деление. Получили следующую осциллограмму, рисунок 4.5.

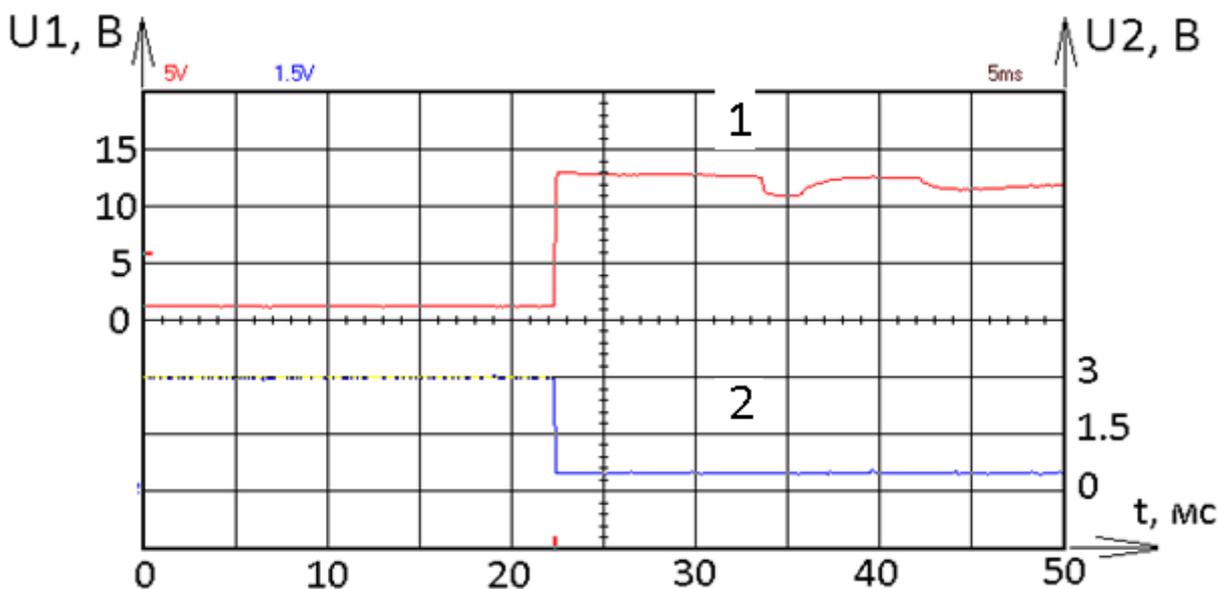


Рисунок 4.5. Измерение номер пять.

4.5 Анализ осциллограмм.

4.5.1 Осциллограмма измерения номер один, рисунок 4.1. Видно, что длительность сигнала на базе транзистора VT1, первый канал осциллографа, составляет сто миллисекунд, а длительность тактового сигнала, второй канал, пятьдесят миллисекунд. Таким образом, сигнал на первом канале осциллографа больше в два раза сигнала на втором канале. Сигнал на первом канале повторяется через каждые четыре тактовых сигнала на втором канале.

4.5.2 Осциллограмма измерения номер два, рисунок 4.2. Видно, что длительность обоих сигналов одинаковая, и составляет сто миллисекунд. Передний фронт сигнала на базовом выводе транзистора VT2, отстает на сто миллисекунд от переднего фронта сигнала на базовом выводе транзистора VT1.

Время наступления переднего фронта первого сигнала(первый канал осциллографа), и время наступления спадающего(заднего фронта), второго сигнала(второй канал осциллографа), совпадают.

4.5.3 Осциллограмма измерения номер три, рисунок 4.3. Видно, что:

- 1) При времени 0(мс), на первом канале низкий уровень, на втором, низкий.
- 2) При времени 100(мс), на первом канале высокий уровень,

на втором, низкий.

2) При времени 200(мс), на первом канале высокий уровень, на втором, высокий.

2) При времени 300(мс), на первом канале низкий уровень, на втором, высокий.

Далее комбинация повторяется. Таким образом видно, что реализовывается код Грея.

4.5.4 Осциллограмма измерения номер четыре, рисунок 4.4. Видно, что когда на базе транзистора VT1, низкий уровень, на его коллекторе, высокий уровень. Когда на базе высокий, то на коллекторе, низкий.

4.5.5 Осциллограмма измерения номер пять, рисунок 4.4. Видно, что когда транзистор VT1 закрывается(канал 2), то всплеск, Э.Д.С самоиндукции, успешно гасится на защитном диоде(канал 1).

Заключение.

В данной работе было разработано устройство установки гелео навигации. Была разработана система управления на микроконтроллере. Для системы управления составлен алгоритм и написана программа. Синтезирован драйвер на логических элементах для управления шаговыми двигателями.

Список литературы.

1. <http://solarb.ru/node/835> - Принцип действия солнечных батарей.
2. <http://ust.su/solar/media/section-inner79/2866/> Классификация трекеров.
3. https://www.youtube.com/watch?v=yxw_JGATO_s Солнечный трекер на Ардуино.
4. <https://www.youtube.com/watch?v=wCRrletVtSA> - Устройство слежения за солнцем
5. http://patlah.ru/etm/etm07/gelio/solnce_parabol_koncentrator/solnce_parabol_koncentrator.htm - Концентрирующий солнечный коллектор.
6. Прядилов А.В Физические основы электронной техники: учеб пособ, ТГУ - 83с.
7. Шевцов А.А Электронные промышленные устройства: учеб пособ, ТГУ 2009. - 35с.
8. Пиани Джангуидо, Пиани Олсон Густав Цифровые системы автоматизации и управления: Невский Диалект, 2001. – 557с.
9. Полупроводниковые приборы. Диоды выпрямительные, стабилитроны, тиристоры: Справ. - / А.Б. Гитцевич А.А. Зайцев В.В. Мокряков и др. Под ред. А.В. Голомедова. – М.: КУБК-а, 1996.
10. Полупроводниковые приборы. Транзисторы малой мощности: Справочник / А.А. Зайцев А.И. Миркин В.В. Мокряков и др.: Под ред. А.В. Голомедова. – М.: Радио и связь, 1989. – 384 с.: ил.
11. Полупроводниковые приборы: Транзисторы. Справочник / В.Л. Аронов, А.В. Баюков А.А., Зайцев и др. Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 904 с., ил.
12. Изолированные датчики тока и напряжения фирмы LEM. Характеристики, применение, расчеты. www.lem.com
13. Каталог фирмы EPCOS www.dodeca.ru.
14. Расчет автономных резонансных инверторов для индукционного нагрева: Метод. указания к курсовому проектированию по дисциплине «Автономные преобразователи» / Сост. В.А. Медведев. – Тольятти: ТолПИ, 1992.

15. Резинский С.Р., Лабковский В.С., Евзеров И.Х. Конструирование силовых полупроводниковых преобразовательных агрегатов. М., «Энергия», 1973. – 288 с., ил.
16. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, коммутационные устройства РЭА: Справ./Н.Н. Акимов Е.П. Ващуков В.А. Прохоренко, Ю.П. Ходоренко – Мн.: Беларусь, 1994.
17. Силовые полупроводниковые приборы: Справочник/О.Г. Чебовский, Л.Г. Моисеев, Р.П. Недошивин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 400 с., ил.
18. Слухоцкий А.Е., Рыскин С.Е. Индукторы для индукционного нагрева. – Л.: «Энергия», 1974.
19. Справочник разработчика и конструктора РЭА. Элементная база. – М.: Радио и связь, 1983.
20. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов: Учеб. пособие для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 528 с.: ил.
21. Шило В.Л. Популярныe цифровые микросхемы: Справочник. – М.: Радио и связь, 1987. – 352 с.: ил.
22. Электрические конденсаторы и конденсаторные установки: Справочник/В.П. Берзан, Б.Ю. Геликман, М.Н. Гураевский и др.; Под ред. Г.С. Кучинского. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 656 с.: ил.
23. Изолированные датчики тока и напряжения фирмы LEM. Характеристики, применение, расчеты. www.lem.com
24. Каталог фирмы EPCOS www.dodeca.ru.
25. Мощныe полупроводниковые приборы. Тиристоры: справочник / В.Я. Замятин. М. Радио и связь 1978 – 576 с. ил.
26. www.platan.ru.