

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования

«Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»

Институт интегральной электроники (ИЭ)

Кафедра проектирования и конструирования интегральных микросхем (ПКИМС)

Курсовая работа на тему:

«Система управления роботом на гусеничном ходу»

Выполнил студент группы ЭН-

Проверил доцент каф. ПКИМС, д.т.н.

Гусев Станислав Валентинович

Москва 2023

## 1. Техническое задание.

**Цель:** Реализовать схему гусеничного робота, который управляется с дистанционного пульта. Предусмотреть различные режимы хода, поворота, запуска и остановки: режим прогрева двигателя перед стартом, элементы искусственного интеллекта (автоостановка перед препятствием и т.д.).

## 2. Теоретическая часть.

3. Практическая часть.

3.1 Блок-схема выводов и карта сигналов.

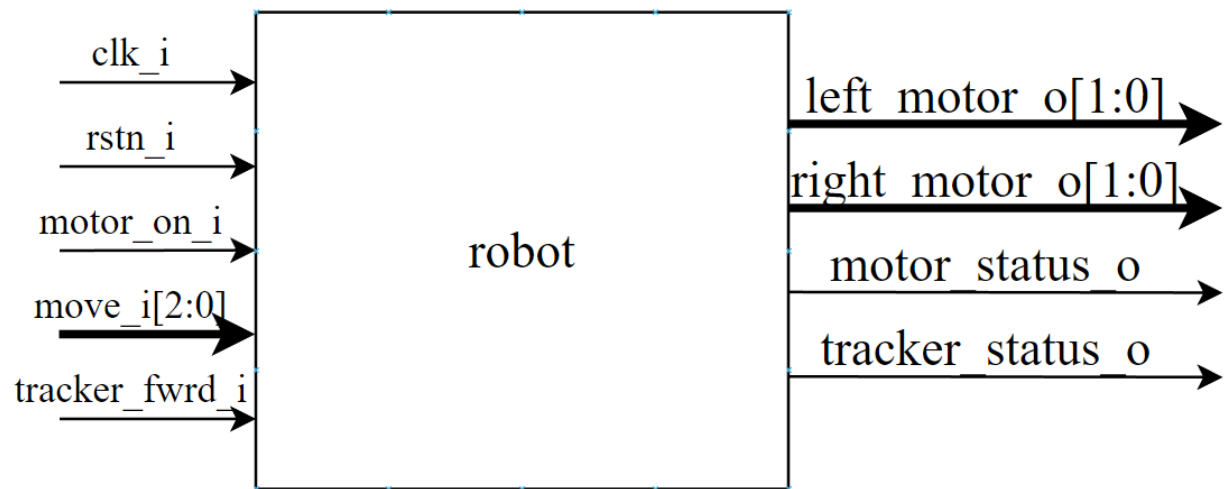


Рисунок . Блок-схема выводов устройства.

На рисунке X показана блок-схема портов устройства управления гусеничным роботом. Назначение сигналов приведено в таблице.

Название сигнала	Разрядность сигнала	Назначение
clk_i	1	Тактовый синхросигнал
rstn_i	1	Асинхронный сигнал сброса системы. Сброс осуществляется по срезу rstn_i
motor_on_i	1	Сигнал включения двигателей робота.
move_i	3	Шина управления движением робота. Управляется пультом ДУ.
tracker_fwrд_i	1	Сигнал переднего датчика препятствий.
motor_status_o	1	Сигнал индикации статуса моторов робота.
left_motor_o	2	Сигнал управления левым мотором робота
right_motor_o	2	Сигнал управления правым мотором робота
tracker_status_o	1	Статус датчика препятствий, передаваемый на пульт ДУ.

3.2. Значение входных и выходных шин устройства.

Назначение сигналов управления move\_i.

Значение на шине move_i	Описание
0b000 / 0b100	Робот стоит на месте
0b111	Движение робота вперед
0b101 / 0b010	Разворот робота на 90° против часовой стрелки
0b110 / 0b001	Разворот робота на 90° по часовой стрелке
0b011	Движение робота назад

Назначение выходных сигналов моторов робота.

Значение на шинах left_motor_o / right_motor_o	Описание
0b00	Гусеница робота не движется
0b01	Движение гусеницы вперед
0b10	Движение гусеницы назад

3.3. Описание схемы устройства.

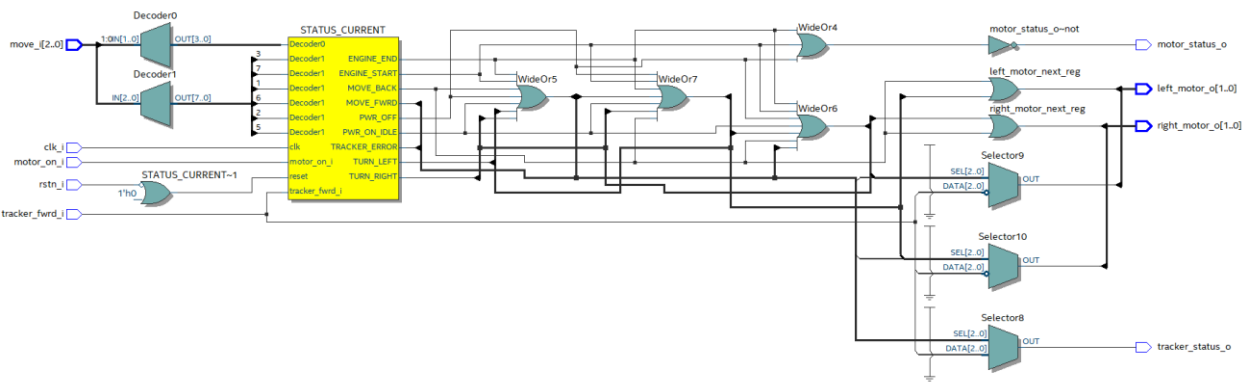


Рисунок – Структурная схема устройства в программе Quartus II (RTL Viewer).

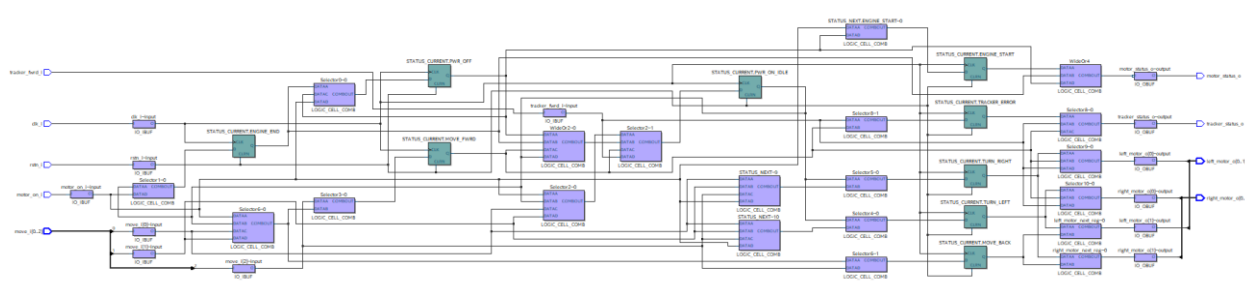


Рисунок – Результат синтеза схемы в САПР Quartus II.

### 3.4. Конечный автомат схемы робота.

Для функциональной реализации устройства был разработан конечный автомат, имеющий 8 состояний + состояние PWR\_OFF – сброс схемы и состояние по умолчанию.

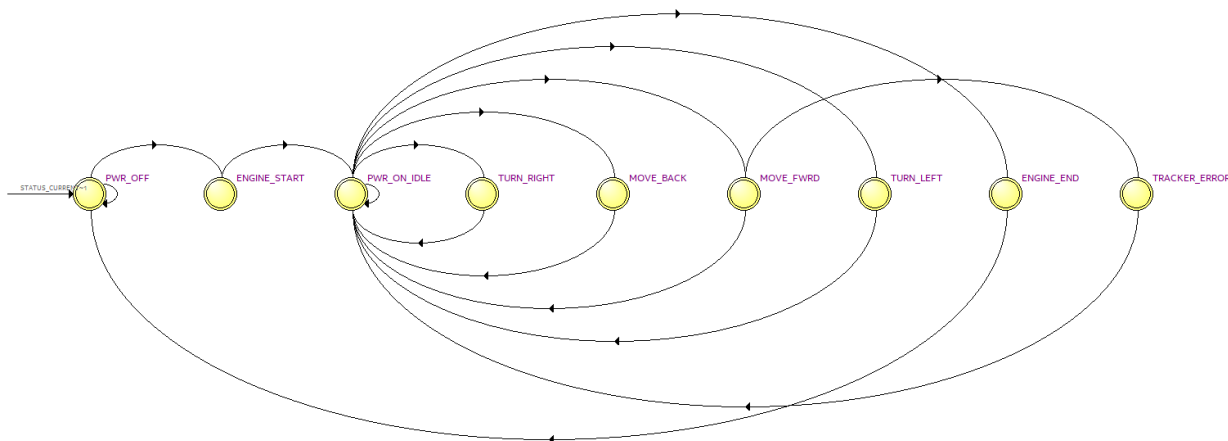


Рисунок – Граф конечного автомата робота.

Описание состояний конечного автомата приведено в таблице ниже.

Название состояния	Значение состояния	Описание состояния
PWR_OFF	0	Состояние схемы по умолчанию и в случае сброса системы.
ENGINE_START	1	Запуск двигателей робота.
ENGINE_END	2	Отключение двигателей робота.
PWR_ON_IDLE	3	Двигатели робота включены; Ожидание команды на передвижение.
MOVE_FWRD	4	Движение робота вперед.
TURN_LEFT	5	Поворот робота на 90° против часовой стрелки.
TURN_RIGHT	6	Поворот робота на 90° по часовой стрелке.

MOVE_BACK	7	Движение робота назад.
TRACKER_ERROR	8	Ошибка при движении робота: обнаружено препятствие датчиком.

	Source State	Destination State	Condition
1	ENGINE_END	PWR_OFF	
2	ENGINE_START	PWR_ON_IDLE	
3	MOVE_BACK	PWR_ON_IDLE	
4	MOVE_FWRD	PWR_ON_IDLE	(!tracker_fwrд_i)
5	MOVE_FWRD	TRACKER_ERROR	(tracker_fwrд_i)
6	PWR_OFF	ENGINE_START	(motor_on_i)
7	PWR_OFF	PWR_OFF	(!motor_on_i)
8	PWR_ON_IDLE	TURN_LEFT	(!Decoder1).(Decoder1).(motor_on_i) + (Decoder1).(motor_on_i)
9	PWR_ON_IDLE	MOVE_BACK	(Decoder1).(motor_on_i)
10	PWR_ON_IDLE	MOVE_FWRD	(Decoder1).(motor_on_i)
11	PWR_ON_IDLE	PWR_ON_IDLE	(Decoder0).(motor_on_i)
12	PWR_ON_IDLE	TURN_RIGHT	(!Decoder1).(Decoder1).(motor_on_i) + (Decoder1).(motor_on_i)
13	PWR_ON_IDLE	ENGINE_END	(!motor_on_i)
14	TRACKER_ERROR	PWR_ON_IDLE	
15	TURN_LEFT	PWR_ON_IDLE	
16	TURN_RIGHT	PWR_ON_IDLE	

Рисунок – Таблица переходов комбинационной логики конечного автомата между состояниями.

### 3.5. Функциональная верификация.

Для проведения функциональной верификации, было разработано тестовое окружение устройства, способное проверить правильность составления переходов конечного автомата. Представлена визуализация передвижения робота по полю размером 7x7 клеток. Начальные координаты движения: [5:1].

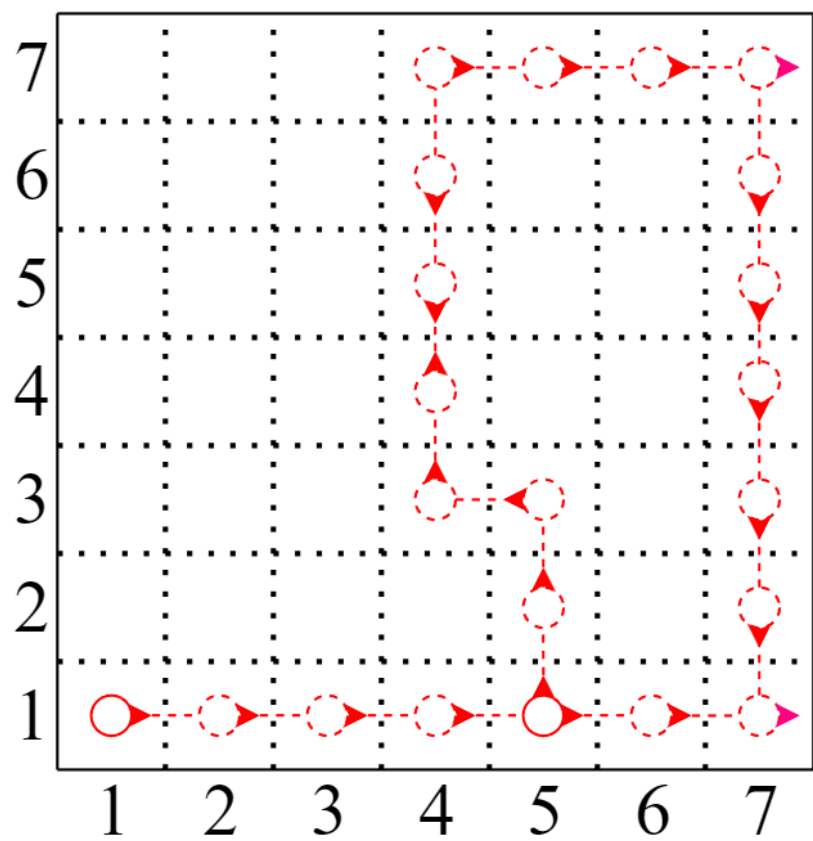


Рисунок – Визуализация движения робота во время прохождения теста.



```

# Turn on motor
# Motor status is ON
# Start coordinates: Axis X: 5, Axis Y: 1
# Move forward
# Robot moved to 1 square forward
# Move forward
# Stay on position: Axis X: 5, Axis Y: 2, Side: 01
# Robot moved to 1 square forward
# Stay on position: Axis X: 5, Axis Y: 3, Side: 01
# Robot turns left
# Move forward
# Stay on position: Axis X: 5, Axis Y: 3, Side: 00
# Robot moved to 1 square forward
# Stay on position: Axis X: 4, Axis Y: 3, Side: 00
# Robot turns right
# Move forward
# Stay on position: Axis X: 4, Axis Y: 3, Side: 01
# Robot moved to 1 square forward
# Move forward
# Stay on position: Axis X: 4, Axis Y: 4, Side: 01
# Robot moved to 1 square forward
# Stay on position: Axis X: 4, Axis Y: 5, Side: 01
# Robot turns right
# Stay on position: Axis X: 4, Axis Y: 5, Side: 10
# Robot turns right
# Stay on position: Axis X: 4, Axis Y: 5, Side: 11
# Robot moved to 1 square backward
# Stay on position: Axis X: 4, Axis Y: 6, Side: 11
# Robot moved to 1 square backward
# Stay on position: Axis X: 4, Axis Y: 7, Side: 11
# Robot turns left
# Move forward
# Stay on position: Axis X: 4, Axis Y: 7, Side: 10
# Robot moved to 1 square forward
# Move forward
# Stay on position: Axis X: 5, Axis Y: 7, Side: 10
# Robot moved to 1 square forward
# Move forward
# Stay on position: Axis X: 6, Axis Y: 7, Side: 10
# Robot moved to 1 square forward
# Stay on position: Axis X: 7, Axis Y: 7, Side: 10
# Obstacle is founded! Robot is stopped
# Stay on position: Axis X: 7, Axis Y: 7, Side: 10
# Move forward
# Robot turns right
# Move forward
# Stay on position: Axis X: 7, Axis Y: 7, Side: 11
# Robot moved to 1 square forward
# Move forward
# Stay on position: Axis X: 7, Axis Y: 6, Side: 11
# Robot moved to 1 square forward
# Move forward
# Stay on position: Axis X: 7, Axis Y: 6, Side: 11
# Robot moved to 1 square forward
# Move forward
# Stay on position: Axis X: 7, Axis Y: 5, Side: 11
# Robot moved to 1 square forward
# Move forward
# Stay on position: Axis X: 7, Axis Y: 4, Side: 11
# Robot moved to 1 square forward
# Move forward
# Stay on position: Axis X: 7, Axis Y: 3, Side: 11
# Robot moved to 1 square forward
# Move forward
# Stay on position: Axis X: 7, Axis Y: 2, Side: 11
# Robot moved to 1 square forward
# Stay on position: Axis X: 7, Axis Y: 1, Side: 11
# Obstacle is founded! Robot is stopped
# Stay on position: Axis X: 7, Axis Y: 1, Side: 11
# Move forward
# Robot turns left
# Stay on position: Axis X: 7, Axis Y: 1, Side: 10
# Robot moved to 1 square backward
# Stay on position: Axis X: 6, Axis Y: 1, Side: 10
# Robot moved to 1 square backward
# Stay on position: Axis X: 5, Axis Y: 1, Side: 10
# Robot moved to 1 square backward
# Stay on position: Axis X: 4, Axis Y: 1, Side: 10
# Robot moved to 1 square backward
# Stay on position: Axis X: 3, Axis Y: 1, Side: 10
# Robot moved to 1 square backward
# Stay on position: Axis X: 2, Axis Y: 1, Side: 10
# Robot moved to 1 square backward
# Turn off motor
# Stay on position: Axis X: 1, Axis Y: 1, Side: 10
# Finish coordinates: Axis X: 1, Axis Y: 1
# Motor status is OFF
# ** Note: $stop : ../verif/robot_tb.v(110)
# Time: 785 ns Iteration: 1 Instance: /robot_tb
# Break in Module robot_tb at ../verif/robot_tb.v line 110

```

Рисунок – Листинг прохождения теста.