

Проектирование роботов и робототехнических систем в среде Dyn-Soft RobSim 5

ЧАСТЬ 1

Евстигнеев Д.В.

Москва, 2014

Оглавление:

1. Введение.....	4
1.1. Общие принципы проектирования и моделирования роботов в Dyn-Soft RobSim 5.....	4
1.2. Средства защита от «списывания» студентов.....	5
2. Общие принципы разработка моделей для с применением 3D Studio MAX.....	5
2.1. Разработка моделей с помощью 3D Studio MAX	5
2.2. Экспортируемые в Dyn-Soft RobSim 5 элементы 3D Studio MAX.....	5
2.3. Особенности использования текстур в Dyn-Soft RobSim 5.....	10
3. Создание сцен для Dyn-Soft RobSim 5	12
3.1. Правила разработки сцен в 3D Studio MAX.....	12
3.2. Создание травы на сцене	14
3.3. Создание эффекта поверхности воды на сцене	16
3.4. Задание географических координат сцены	18
3.5. Создание поверхностей столкновения сцены	19
3.6. Создание динамических объектов сцены	20
3.7. Формирование места положения робота, виртуального оператора и главной WiFi-антенны.....	21
3.8. Создание поверхностей, всегда ориентированных на камеру	22
3.9. Создание светоотражающих/индуктивных полос	23
3.10.Экспорт сцены	24
4. Создание конструкции робота для Dyn-Soft RobSim 5	24
4.1. Правила создания модели робота в среде 3D Studio MAX.....	24
4.2. Создание поверхностей столкновения.....	26
4.3. Создание осей вращения	29
4.4. Создание звеньев перемещения.....	30
4.5. Создание колес	31
4.6. Создание гусеничных треков.....	36
4.7. Создание двигателей.....	39
4.8. Создание актуаторов.....	41
4.9. Создание пружин и демпферов	42
4.10.Создание бортовых радиоэлектронных устройств.....	44
4.11.Создание сенсоров, средств связи и антенн	45
4.12.Создание датчиков внутреннего состояния	46
4.13.Создание бортовых видеокамер робота.....	47
4.14.Создание кнопок и выключателей	48
4.15.Создание пустой печатной платы.....	49
4.16.Создание захватного устройства робота	49
4.17.Экспорт робота.....	51

5.	Разработка схемы робота.....	51
5.1.	Открытие редактора схем и подключений.....	51
5.2.	Работа с редактором схем и подключений на примере подключения бортовой ЭВМ.....	52
5.3.	Разработка структурной схемы программного обеспечения	53
5.4.	Тестовое программное обеспечение для бортовой ЭВМ робота.....	55
6.	Разработка пульта управления роботом	58
6.1.	Создание пульта управления роботом.....	58
6.2.	Разработка интерфейса с пользователем	60
6.3.	Настройка устройств связи	62
6.4.	Создание структурной схемы программного обеспечения пульта управления.....	64
6.5.	Создание простейшей программы для бортовой ЭВМ.....	66
6.6.	Проведение испытаний робота с пультом управления.....	68
7.	Создание платы контроллера управления двигателями	70
7.1.	Общие сведения	70
7.2.	Особенности работы с редактором макетов печатных плат	73
7.3.	Общие принципы работы с редактором электрических схем.....	75
7.4.	Особенности микропроцессоров семейства AVR	77
7.5.	Особенности стандарта передачи данных RS-232 и UART	79
7.6.	Простейшая схема контроллера	81
7.7.	Создание тестового программного обеспечения для микропроцессора платы контроллера.....	83
7.8.	Подключение плат контроллера в общую схему.....	86
7.9.	Установка нескольких микропроцессоров на плату контроллера управления и организация с ними связи	87
7.10.	Испытания платы и тестовой программы микропроцессора платы контроллера.....	91
8.	Подключение двигателей к плате контроллера	92
8.1.	Силовые ключи и их особенности	92
8.2.	Установка силовых ключей на плату.....	96
8.3.	Настройка таймера-счетчика микропроцессора для управления ШИМ	98
8.4.	Управление портами ввода-вывода микропроцессора	102
8.5.	Разработка структурной схемы программного обеспечения микропроцессора для управления двумя реверсивными двигателями	103
8.6.	Управление сервомашинкой.....	106
8.7.	Проведение итоговых испытаний робота.....	108
9.	Список литературы	110

1. Введение

1.1. Общие принципы проектирования и моделирования роботов в Dyn-Soft RobSim 5

Программный комплекс Dyn-Soft RobSim 5 предназначен для обучения студентов конструированию роботов, робототехнических систем и их систем управления, состоящих из электрических и программных частей. Программный комплекс позволяет в виртуальной 3D-среде смоделировать в реальном времени работу физической модели робота, его электрических схем и программного обеспечения, в т.ч. реализующего функции интеллектуальных систем.

Для разработки геометрической модели робота применяется программный комплекс 3D Studio MAX. В нем же с помощью объектов специального плагина производится разметка основных компонентов робота (двигателей, осей, поверхностей столкновения, их масс и т.п.).

Специальный редактор схем и соединений, входящий в состав программного комплекса Dyn-Soft RobSim 5, запускается прямо из 3D Studio MAX. Он позволяет создавать электрические схемы и программное обеспечение для разрабатываемой модели робота.

С помощью средств моделирования Dyn-Soft RobSim 5 можно в виртуальной трехмерной среде смоделировать поведение разработанного робота и его системы управления. Моделирование производится в двух режимах: режим «Испытания» и режим «Игра». В режиме «Игра» пользователю предлагается оценить работоспособность разработанной им модели мобильного робота для проведения разведывательных и аварийно-спасательных работ.

Данное учебное пособие предполагает разделы, посвященные особенностям работы в 3D Studio MAX, разработки и разметки модели робота с использованием 3D Studio MAX, а также работы со средствами разработки и моделирования Dyn-Soft RobSim 5.

Скачать программный комплекс Dyn-Soft RobSim 5, а также различную документацию по работе с ним можно на сайте: <http://robsim.dynsoft.ru> [1].

1.2. Средства защита от «списывания» студентов

При разработке модели робота в 3D Studio MAX следует учитывать, что в Dyn-Soft RobSim 5 внедрена защита от «списывания» студентов. Студенты обязаны называть модель своего робота по своей фамилии. Первое имя, под которым будет сохранена модель в MAX-файле, записывается в файл экспорта. Dyn-Soft RobSim 5 проверяет первое название файла и его текущее название. В случае если эти имена не совпадают, в режиме «Испытания» выдается предупреждение, а режим «Игра» с данным роботом не запускается.

2. Общие принципы разработка моделей для с применением 3D Studio MAX

2.1. Разработка моделей с помощью 3D Studio MAX

Общие принципы разработки моделей в 3D Studio MAX подробно изложены в учебном пособии «Разработка трехмерных моделей в 3D Studio MAX» [2], которое можно скачать по адресу: <http://robsim.dynsoft.ru/3DStudio.pdf>. Поэтому в данное учебное пособие будут помещены лишь особенности разработки моделей для Dyn-Soft RobSim 5.

2.2. Экспортируемые в Dyn-Soft RobSim 5 элементы 3D Studio MAX

Не все возможности 3D Studio MAX экспортируются в Dyn-Soft RobSim 5, а некоторые эффекты (например, вода) при экспорте выглядят иначе, чем в 3D Studio MAX. Далее приводится список экспортируемых и неэкспортируемых возможностей 3D Studio MAX.

1. Геометрические объекты – экспортируются полностью.
2. Двухмерные фигуры (Shapes) – не экспортируются.

3. Источники света Omni, Free Spot, Target Spot, Free Direct и Target Direct. Экспортируются только поля:

- On (включен/выключен).
- Multiplier (интенсивность).
- Цвет.
- Near Attention: Use – галочка определяет необходимость создания рампа света вокруг источника.
- Near Attention: End – задает радиус рампа света вокруг источника.
- Far Attention: Use (галочка определяет необходимость использования эффекта угасания яркости).
- Far Attention: End – конец зоны действия источника света.
- Hotspot и Falloff (углы конуса для источников света типа Spot).

При экспорте источников света типа Direct не поддерживается радиус пучка света, поэтому для совместимости необходимо задавать в 3D Studio MAX радиус пучка размером со всю сцену.

4. Камеры (Cameras). Экспортируются поля:

- FOV (угол обзора);
- Clip manually (галочка о необходимости использования ближней и дальней плоскости отсечения);
- Near Clip (расстояние до ближней плоскости отсечения);
- Far Clip (расстояние до дальней плоскости отсечения);

Следует отметить, что при экспорте сцены (не робота) требуется только одна камера. Изображение с этой камеры необходимо поместить на один из видов в 3D Studio MAX. При экспорте в точке расположения такой камеры будет создан виртуальный оператор, ноги будут на 1.5 метра ниже точки камеры.

5. Helpers (вспомогательные объекты). Экспортируются только системы координат. Параметры вспомогательных объектов не экспортируются, за исключением, объектов RobSim5.

6. Space Wraps и Systems не экспортируются, за исключением, костей.

7. Анимация. Экспортируются только анимационные треки по положению, вращению, изменению масштаба и морфингу. Анимация других объектов не экспортируется.
8. Морфинг.
9. Кожа (Skin) – экспортируется полностью. Следует учесть, что для аппаратной поддержки кожи необходимо, чтобы объект с кожей содержал не более 12 костей.
10. Параметры среды (экспортируются только при экспорте сцены, при экспорте робота они игнорируются):
 - Ambient Light (рассеянный свет).
 - Background Color (цвет фона).
 - Атмосферный эффект Fog (туман). Поддерживается только цвет тумана и плотность на конечном этапе.
 - Background Map (текстура фона). Текстура фона выглядит не так, как в 3D Studio MAX. В Dyn-Soft RobSim 5 имеется 5 текстур фона (точнее, неба). Все текстуры натягиваются на SkyBox спереди, сзади, сверху, слева и справа. Эти текстуры должны иметь специальные названия файлов:
 - xxx_F.ууу – передняя текстура для SkyBox.
 - xxx_B.ууу – задняя текстура для SkyBox.
 - xxx_L.ууу – левая текстура для SkyBox.
 - xxx_R.ууу – правая текстура для SkyBox.
 - xxx_T.ууу – верхняя текстура для SkyBox.
 Где: xxx – любое название файла, одинаковое на все файлы неба. ууу – любое поддерживаемое расширение файла, одинаковое на все файлы неба.
 В качестве текстуры фона в 3D Studio MAX следует указывать переднюю текстуру неба. Dyn-Soft RobSim 5 при загрузке сцен автоматически подгружает стандартные текстуры.
11. Материалы.
 - Цвета:
 - Ambient;
 - Diffuse;
 - Specular;

- Self-Illumination.
- Specular Level.
- Glossiness.
- Opacity.
- 2-Sided.

12. Текстурные карты материалов:

- **Текстурная карта Diffuse Color**. В качестве текстуры можно установить:
 - Текстуру типа Bitmap (растровое изображение из файла). Поддерживаются опции: Tiling, Offset, Mirror, Angles, UV, VW, WU, а также Map Channel (только 1 и 2). Подробно о текстурах типа Bitmap см. ниже.
 - Текстуру типа Mix (смешение текстур). Поддерживаются опции Maps, Mix Amount, а также текстура маски (подробно см. [2]). Следует отметить, что текстура маски должна быть прозрачной в местах первой текстуры и непрозрачной в местах второй текстуры (в 3D Studio MAX же текстура должна быть черной в местах первой текстуры, и белой, в местах второй текстуры). Чтобы создать текстуру маски, совместимую и с Dyn-Soft RobSim 5 и с 3D Studio MAX необходимо сделать текстуру белой и непрозрачной и черной и прозрачной. Следует отметить, что в качестве первой текстуры в текстуре типа Mix можно установить еще одну текстуру типа Mix, если это необходимо.
 - Текстуру типа Flat Mirror (зеркальное отражение мира). При размещении текстуры следует учесть, что зеркальная поверхность объекта образуется осями X и Y, причем вверх от зеркальной поверхности должна выходить ось Z.
 - Текстуру типа Waves (водная поверхность). Если текстура только одна на объекте, то в Dyn-Soft RobSim 5 генерируется анимированная водная

поверхность. Если текстура смешена с помощью текстуры типа Mix с другой текстурой, то генерируются блики на водном дне.

- **Текстурная карта Bump** (микрорельеф). В качестве данной текстурной карты может быть установлена только текстура типа Bitmap. Поддерживается уровень микрорельефа от 0 до 300.
- **Текстурная карта Reflection** (карта отражений). В качестве данной текстурной карты может быть установлена только текстура типа Bitmap. Поддерживается степень влияния текстуры от 0 до 100.
- **Текстурная карта Opacity** (прозрачность) не поддерживается. Вместо нее прозрачность должна быть установлена в текстурной карте Diffuse Color. Однако чтобы заставить 3D Studio MAX отображать прозрачные текстуры так, как это делает Dyn-Soft RobSim 5, необходимо в редакторе материалов перетащить мышкой текстуру с кнопки Diffuse Color в кнопку Opacity. По завершению перетаскивания 3D Studio MAX запросит метод копирования: Copy (копия), Instance (ссылка) или Swap (обмен). Необходимо выбрать метод Instance. Таким образом, в качестве текстурной карты Diffuse Color и Opacity будет использована одна и та же текстура. Для использования в качестве канала прозрачности Alpha-канал изображения необходимо в редакторе текстуры типа Bitmap установить галочку «Alpha» в группе «Mono Channel Output» (подробно см. в учебном пособии «Разработка трехмерных моделей в 3D Studio MAX», которое можно скачать по адресу: <http://robsim.dynsoft.ru/3DStudio.pdf>).

13. Результат Render To Texture. Текстурные карты LightMap.

14. Динамические примитивы Spring и Damper.

2.3. Особенности использования текстур в Dyn-Soft RobSim 5

В Dyn-Soft RobSim 5 в качестве текстуры типа Bitmap поддерживаются форматы BMP, JPEG, GIF, TIFF, PNG, DDS, а файл с текстурой должен находиться в папке «Тех» программного комплекса Dyn-Soft RobSim 5.

Создавая модель для Dyn-Soft RobSim 5, следует учитывать, что для правильного отображения текстур на экране необходимо использовать текстуры, размер которых кратен степени числа 2 (например, 512x512 или 512x256). Общий размер текстуры не должен превышать 512x512. Далеко не все видеокарты поддерживают текстуры, размер которых не кратен степени 2. Если поддержка таких текстур имеется в видеокарте, Dyn-Soft RobSim 5 загружает текстуру в память видеокарты без искажений. В противном случае Dyn-Soft RobSim 5 перед загрузкой текстуры масштабирует ее до нужного размера, теряя на эту операцию время. Качество фильтра, применяемого при таком масштабировании, не достаточно высокое. Поэтому разработчикам рекомендуется изначально подготовить текстуру с размерами сторон, кратными степени 2. В этом случае необходимости в перемасштабировании текстур пропадет, а текстура сохранит свое изначальное качество.

Важно также учитывать ограничения объема памяти видеокарты, и при возможности экономить на размере текстур, не теряя при этом качество их отображения на трехмерной сцене. Например, если необходимо нанести на робота небольшую эмблему, не стоит ее рисовать размером 512x512, т.к. конечный пользователь, скорее всего, все равно не сможет увидеть ее в таком качестве, а памяти она будет занимать много.

Для хранения текстур настоятельно рекомендуется использовать формат DDS. Это единственный сжатый формат текстуры, аппаратно поддерживаемый видеокартами. Текстуры других форматов перед загрузкой в видеокарту декомпрессируются. Использование формата DDS в несколько раз уменьшает объем памяти, необходимого для хранения текстуры в памяти видеокарты. Если же видеокарта не

поддерживает сжатые текстуры, Dyn-Soft RobSim 5 декомпрессирует сжатое изображение и загружает его в видеокарту как обычную несжатую текстуру.

Также в формате DDS допускается хранение MIP-уровней изображения. Модель текстуры позволяет хранить в файле одно и то же изображение в нескольких разрешениях. Например, 512x512, 256x256, 128x128 и т.д. При подготовке такой текстуры можно применить различные фильтры для изображений в разных разрешениях, вплоть до использования вместо текстуры однотонного изображения. При отображении текстуры графический движок автоматически выбирает изображение из набора MIP-уровней текстуры для отображения на экране. Использование MIP-уровней текстуры с разной фильтрацией предоставляет разработчику механизм для избавления паразитного эффекта Muar при отображении текстур с повторяющимся рисунком (Рис. 1).

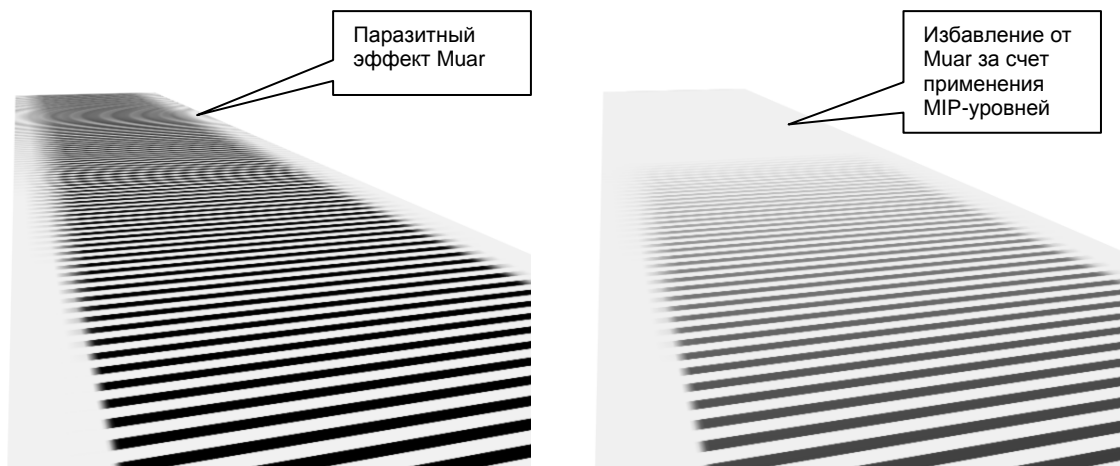


Рис. 1 Пояснения эффекта Муар и пути борьбы с ним

Для работы с форматом DDS необходим специальный плагин для Adobe Photoshop, который можно скачать с сайта www.nvidia.com [3].

3. Создание сцен для Dyn-Soft RobSim 5

3.1. Правила разработки сцен в 3D Studio MAX

Особых требований к модели сцены нет. Сцена разрабатывается в плоскости XY, ось Z направлена вверх. Желательно, чтобы сцена была центрирована относительно точки начала координат.

Рекомендуется разрабатывать сцену в сантиметрах (по умолчанию используются условные единицы размера, равные 1 дюйму).

При разработке сцены в 3D Studio MAX необходимо задать, если требуется, текстуру неба. Для этого в параметрах среды (Environment And Effects) в качестве текстуры фона необходимо задать переднюю текстуру из 5 текстур неба. О текстурах неба уже говорилось в главе 2.2, в пункте 9. Цвет фона при этом необходимо сделать цветом нижнего пикселя передней текстуры неба.

При необходимости на сцене можно задать туман эффектом Fog.

Перед экспортом сцены необходимо создать статические падающие тени. Статические тени удобно хранить в виде небольших текстур, натянутых на каждую поверхность сцены. С одной стороны эти текстуры небольшие, а с другой используют однобайтовый цвет, поэтому не сильно перегружают память видеокарты.

Для создания светотеневых текстур можно использовать стандартную опцию 3D Studio MAX, называемую Render To Texture. 3D Studio MAX производит отрисовку всех объектов и создает требуемые светотеневые текстуры, которые при экспорте в Dyn-Soft RobSim 5 записываются в отдельную папку, название которой совпадает с названием сцены, только добавляется окончание «_LM». Например, если сцена называется «scene3.z3d», то создаваемая папка со светотеневыми текстурами будет называться «scene3_LM».

Перед использованием функции Render To Texture необходимо выделить все объекты сцены, которые будут

принимать падающие тени. Выделить все объекты можно сочетанием клавиш Ctrl+A.

Для настройки функции Render To Texture необходимо выбрать пункт меню «Rendering | Render To Texture». При этом открывается окно настройки (Рис. 2).

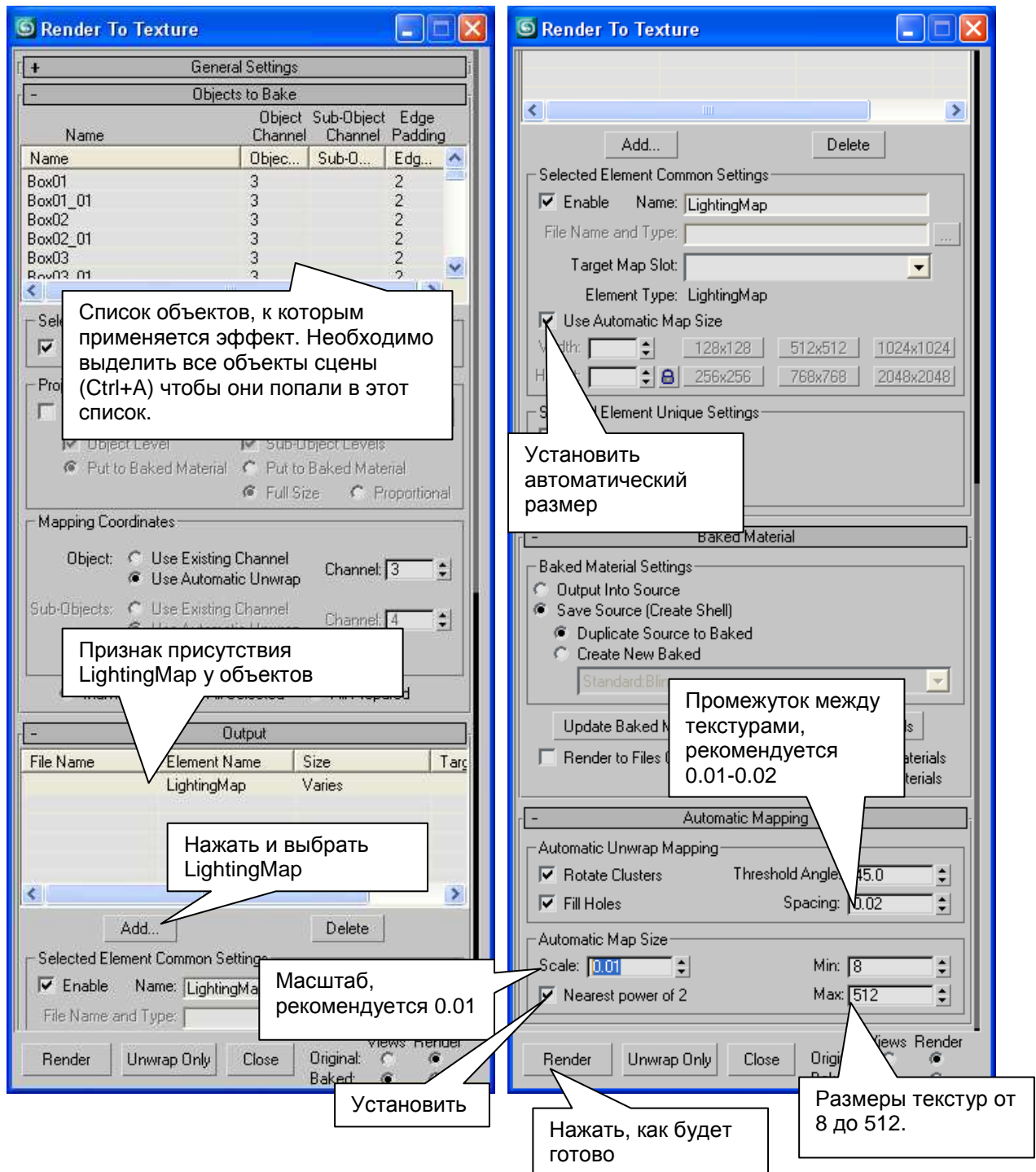


Рис. 2 Настройка Render To Texture

В список Output данного окна необходимо клавишей «Add» добавить опцию «LightingMap» (карта освещенности).

Листая далее содержимое окна настройки, необходимо установить галочку «Use Automatic Map Size» (использовать автоматический размер карты).

В свертке «Automatic Mapping» необходимо выбрать галочку «Nearest power of 2» (ближайшая степень числа 2), а в полях Min, Max задать минимальный и максимальный размер текстуры (рекомендуется сделать минимальный размер 4-8, максимальный 512).

Поле Scale в том же свертке задает масштаб пересчета единиц расстояния в пиксели. Рекомендуется 0.01.

Поле Spacing задает расстояние между областями, генерируемыми на одной текстуре. Рекомендуется 0.01-0.02.

После установки всех опций необходимо нажать клавишу Render. Если для сцены хотя бы раз использовалась опция Render To Texture, то 3D Studio MAX задаст вопрос о перезаписи существующих файлов. Старые файлы можно заменять, не думая. При экспорте все равно все нужные файлы будут скопированы в папку xxx_LM (где: xxx – название сцены).

По окончанию процедуры Render To Texture, которая может занять несколько минут, 3D Studio MAX создаст требуемый набор файлов, а к объектам применит модификатор Automatic Flatten UVs, который задает размещение сгенерированных текстур на объектах.

Следует отметить, что 3D Studio MAX всегда генерирует квадратные текстуры, что не является оптимальным с точки зрения требуемого объема видеопамати. Поэтому при экспорте сцены все текстуры перед копированием в папку xxx_LM обрезаются, а программа экспорта пересчитывает координаты размещения текстур с учетом этого обрезания.

3.2. Создание травы на сцене

Трава для 3D Studio MAX не является стандартным элементом. Этому для создания травы используются функции плагина RSim5.ms, входящего в состав Dyn-Soft RobSim 5.

Следует отметить, что эффект травы будет отображаться только в среде моделирования Dyn-Soft RobSim 5. В 3D Studio MAX эффект не проявляется.

Если плагин установлен, то в меню «Edit» в 3D Studio MAX появляется пункт меню «Трава». Перед использованием данного пункта меню необходимо создать объект, на котором будет расти трава, положить на этот объект текстуру подстилающей поверхности под травой. Рекомендуется использовать текстуру grass3.dds из набора текстур Dyn-Soft RobSim 5. При использовании другой текстуры необходимо согласовать цвет текстуры подложки и цвет текстуры травинок.

При выборе этого пункта «Edit | Трава» появляется диалоговое окно, показанное на Рис. 3.

В предложенном диалоговом окне необходимо выбрать текстуру, которая будет использована в качестве текстуры травинок (рекомендуется grasstex.png), задать расстояние между кочками травы (рекомендуется 30-60 см, не задавайте меньше 30 – будет тормозить!).

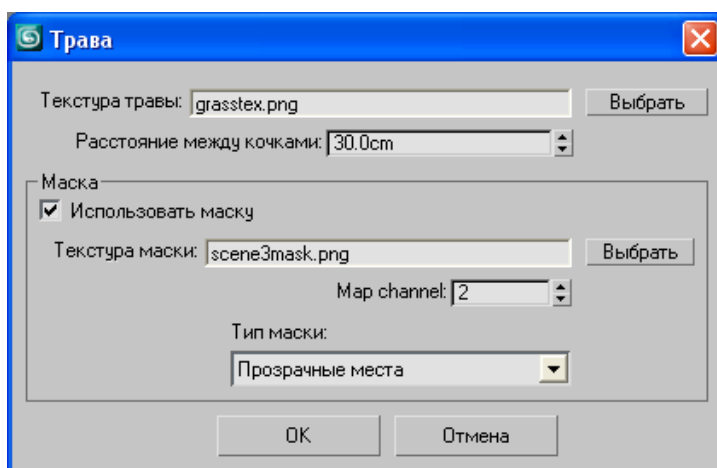


Рис. 3 Настройка травы в 3D Studio MAX (необходим плагин RSim5.ms)

Если трава должна расти не по всему объекту, а только в местах, обозначенных маской (см. текстуру типа Mix, глава 2.2, пункт 12), то необходимо выставить галочку «Использовать маску».

При этом необходимо указать текстуру, используемую в качестве маски перехода сред (внимание, текстура формата DDS в данном эффекте не поддерживается!). Поле «Map channel» определяет номер канала текстурных координат, который используется объектом для наложения маски. В выпадающем списке «Тип маски» необходимо выбрать, в каких местах маски должна расти трава: в прозрачных или непрозрачных.

3.3. Создание эффекта поверхности воды на сцене

Водная поверхность, генерируемая в 3D Studio MAX и в графических движках, отличаются. Для создания эффекта воды для Dyn-Soft RobSim 5 необходимо в 3D Studio MAX нарисовать водную поверхность, а также отделить дно водоема в отдельный объект.

Если водоем имеет разную глубину, то необходимо разбить поверхность воды на сегменты, чтобы в опорных точках поверхности воды сформировать атрибут прозрачности воды.

На объект водной поверхности необходимо нанести материал, у которого в качестве текстурной карты Diffuse Color выбрана текстура типа Waves (вода).

При создании эффекта поверхности воды также применяется относительная прозрачность в опорных точках водной поверхности. Применение относительной прозрачности позволяет создавать эффект глубины (чем более высокая глубина, тем более непрозрачная поверхность). Относительная прозрачность задается каждой опорной точке поверхности в модификаторе Edit Mesh в поле Weight (Рис. 4).

На объект, являющийся дном водоема, необходимо нанести материал, у которого в качестве текстурной карты Diffuse Color выбрана текстура типа Mix (смешение). В параметрах этой текстуры необходимо выбрать в качестве первой текстуры изображение дна, а в качестве второй текстуры – текстуру типа Waves. В этом случае Dyn-Soft RobSim 5 будет генерировать блики на дне водоема.

Внешний вид эффекта воды показан на Рис. 5.

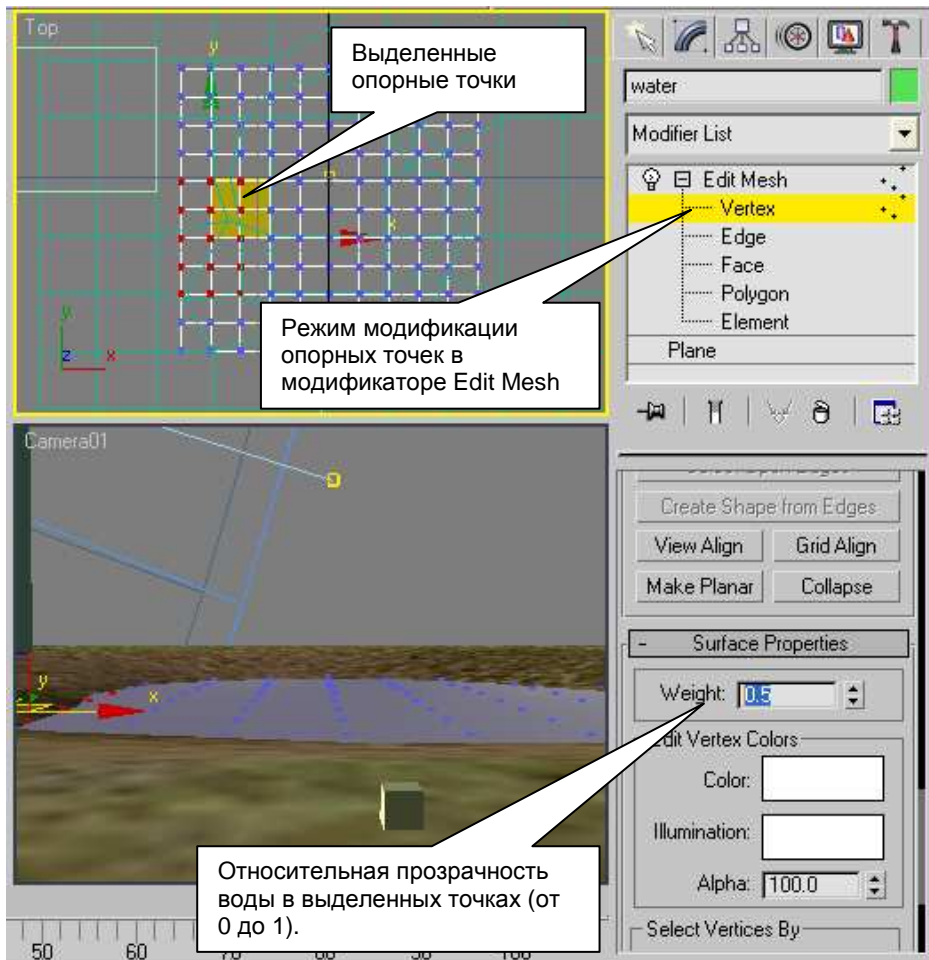


Рис. 4 Иллюстрация формирования относительной прозрачности воды для графического движка Dyn-Soft RobSim 5

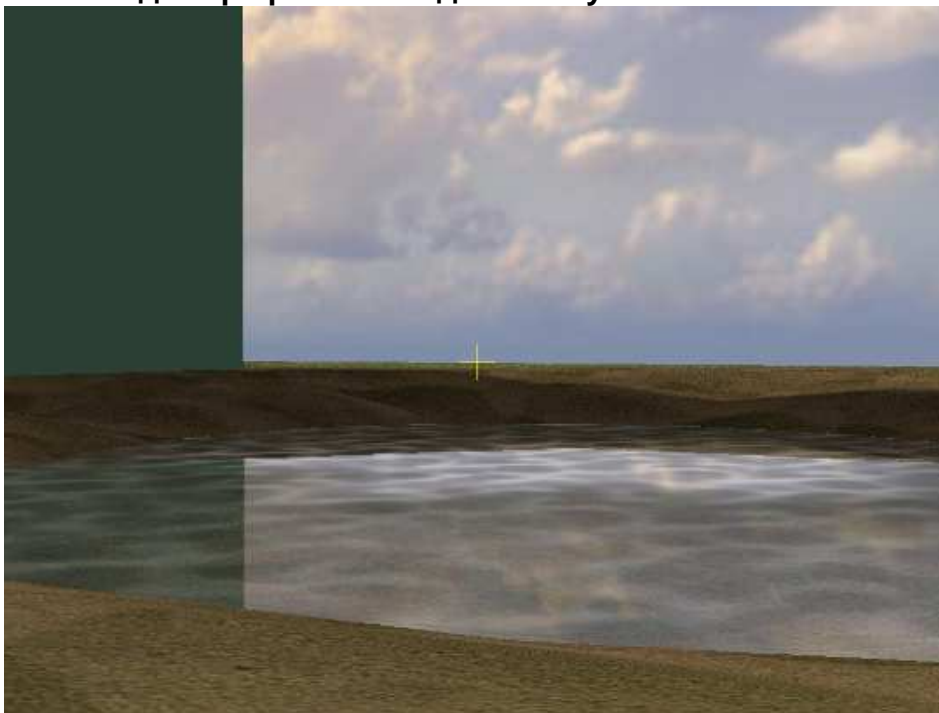


Рис. 5 Внешний вид эффекта воды в Dyn-Soft RobSim 5

3.4. Задание географических координат сцены

У некоторых роботов в Dyn-Soft RobSim 5 имеется GPS-приемник. Для его нормальной работы необходимо задать географические координаты положения центра сцены в системе координат WGS-84.

Для задания координат необходимо в 3D Studio MAX выбрать пункт меню «File | File Properties...». В появившемся окне на закладке Custom необходимо добавить следующие текстовые поля (Рис. 6):

- «Longitude» – долгота в градусах через десятичную точку (восточная долгота «+», западная долгота, «-»).
- «Latitude» – широта в градусах через десятичную точку (северная широта «+», южная широта, «-»).
- «Altitude» – высота над уровнем моря в метрах.

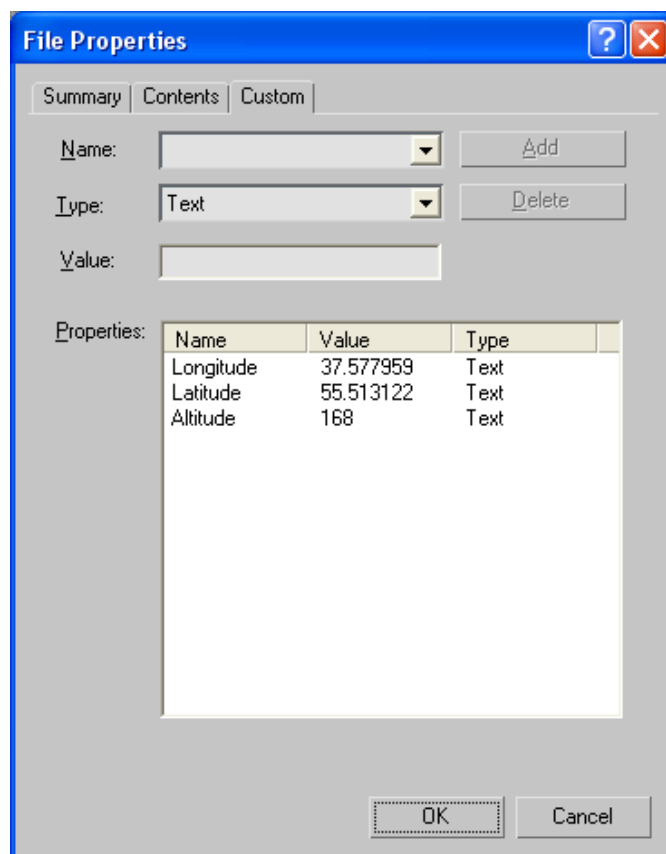


Рис. 6 Настройка географических координат центра сцены

3.5. Создание поверхностей столкновения сцены

Для обозначения поверхностей столкновения сцены необходимо наличие плагина RSim5.ms, входящего в Dyn-Soft RobSim 5.

На сцене обозначаются два типа поверхностей столкновения: рельеф и тела.

Поверхность столкновения можно автоматически сгенерировать по рельефу местности. Для этого необходимо выбрать объект, поверхность которого образует рельеф, и выбрать пункт меню «Edit | Рельеф». При этом открывается диалоговое окно, в котором предлагается установить галочку «Генерировать рельеф по данному объекту» и выбрать реальный материал поверхности (рекомендуется «Земля»). Реальный материал не следует путать с материалами 3D Studio MAX.

Dyn-Soft RobSim 5 будет автоматически генерировать поверхность, по которой могут двигаться роботы и передвигаться виртуальные персонажи. Однако, необходимо чтобы число полигонов на данной поверхности было минимальным.

Назначить рельеф можно нескольким объектам.

Альтернативный способ создания поверхностей столкновения является использование объекта «Тело», находящегося на панели RobSim5 (Рис. 7).



Рис. 7 Объект «Тело» на панели RobSim5

С помощью данного объекта необходимо аппроксимировать объекты сцены, с которыми возможно столкновение. В настройках объекта можно задать форму тела:

- параллелепипед;
- цилиндр;

- капсула;
- сфера.

Т.к. аппроксимируемые объекты не имеют звеньев, то они являются частью сцены, а стало быть, имеют бесконечную массу. На массу, которая определяется внизу окна параметров объекта, не следует обращать внимания.

При разметке сцены объектами «Тело» следует задать реальный материал этих объектов (Реальный материал не следует путать с материалами 3D Studio MAX). Материал определяет параметры трения и звук соударения с объектом.

С точки зрения быстродействия аппроксимация объектами «Тело» предпочтительнее.

3.6. Создание динамических объектов сцены

Для создания динамических объектов сцены необходимо задать их габаритные размеры исключительно объектами «Тело» (см. выше) и их привязать их к объекту «Ось», объекту «Оинейное звено» или к объекту «Модель», находящихся на панели RobSim5 (Рис. 8).

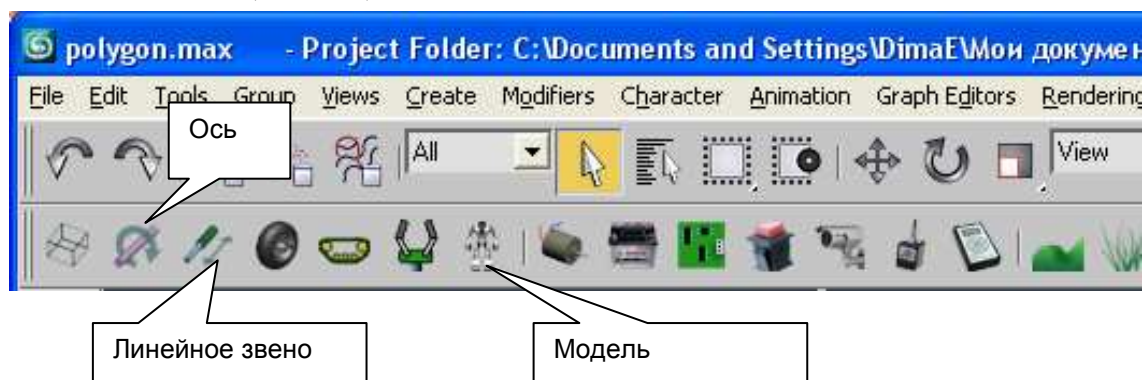


Рис. 8 Инструменты для создания динамических объектов сцены

Объект «Ось» задает ось вращения динамического объекта вокруг заданной оси. В настройках оси можно задать момент трения и ограничения на угол вращения, если это необходимо. Сам объект «ось» может быть никуда не привязан или привязан к какому-нибудь объекту сцены. Главное, что все объекты, привязанные к объекту «Ось» (вся иерархия), превращается в

динамический объект, обладающей массой, инерцией и другими атрибутами динамического объекта.

Аналогично объект «Линейное звено» превращает всю свою дочернюю иерархию в динамический объект, который имеет возможность линейно перемещаться в одном из направлений относительно сцены. В параметрах объекта «Линейное звено» задается момент трения и ограничения на перемещения.

Объект «Модель» создает объект с 6 степенями свободы (полностью отвязанный от сцены объект). Все объекты в дочерней иерархии объекта «Модель» становятся динамическими объектами. Следует отметить, что объект «Модель» обозначается на сцене, как кубик, размером 50x50x50 мм, поэтому в масштабах сцены он может оказаться незаметным.

В параметрах объекта модель задается идентификатор модели. Все объекты сцены должны иметь идентификатор 0.

Объект «Модель» с идентификатором 1 обозначает место появления на сцене главного робота. К этому объекту не должно быть ничего привязано. При загрузке сцены Dyn-Soft RobSim 5 в иерархию этого объекта помещает модель робота, выбранного пользователем.

Объекты «Модель» с идентификатором 2, 3 и более зарезервированы для создания игровых сцен.

Следует отметить, что динамические объекты обязательно должны иметь хотя бы один объект «Тело», задающий их массу. Конструкция динамического объекта может предполагать сложную конструкцию, аналогичную роботу. В ней возможно наличие дочерних объектов «Ось» и «Линейное звено». Однако конструкция должна быть исключительно пассивной.

3.7. Формирование места положения робота, виртуального оператора и главной WiFi-антенны

При создании сцены следует расположить на ней местоположение главного робота, виртуального оператора и главной передающей WiFi-антенны.

Для создания местоположения главного робота необходимо установить на сцену объект «Модель». В параметрах объекта «Модель» необходимо установить идентификатор 1.

Если модель робота не размещена на сцену, то робот на сцене не появится.

Для создания местоположения виртуального оператора необходимо на сцену поместить объект «камера» (Free Camera или Target Camera), а также выбрать вид с данной камеры на одном из видов 3D Studio MAX (обычно вместо вида перспектива). Камера должна располагаться ровно на высоте 1.5 метра от поверхности. Виртуальный оператора будет помещен на сцену таким образом, что его глаза будут находиться в координатах данной камеры (т.е. как раз на высоте 1.5 метра от поверхности).

Сцена должна предполагать размещение WiFi-антенны пульта управления. Эта антенна должна быть нарисована на сцене. В точке расположения антенны необходимо создать любой объект (например, вспомогательный объект «Point») с именем «TRIPOD_POINT». Если такого объекта нет, но подразумевается, что виртуальный оператор носит антенну с собой.

3.8. Создание поверхностей, всегда ориентированных на камеру

В некоторых случаях деревья, растения и другие объекты сцены удобно создавать в виде двухмерных изображений, всегда ориентированного на камеру, и вращающихся вокруг своей вертикальной оси. Таким объекты удобно создавать в виде объекта Plane (плоскости).

Для создания таких объектов следует создать геометрический объект 3D Studio MAX (обычно Plane) и расположить его оси таким образом, чтобы ось Z смотрела на вдоль оси, ориентированной на камеру. В название таких объектов следует внести вставку «*CAM*».

Например, «*CAM*tree01».

Созданный таким образом объект будет всегда ориентирован на камеру своей осью Z, вращаясь вокруг вертикальной оси (Рис. 9).

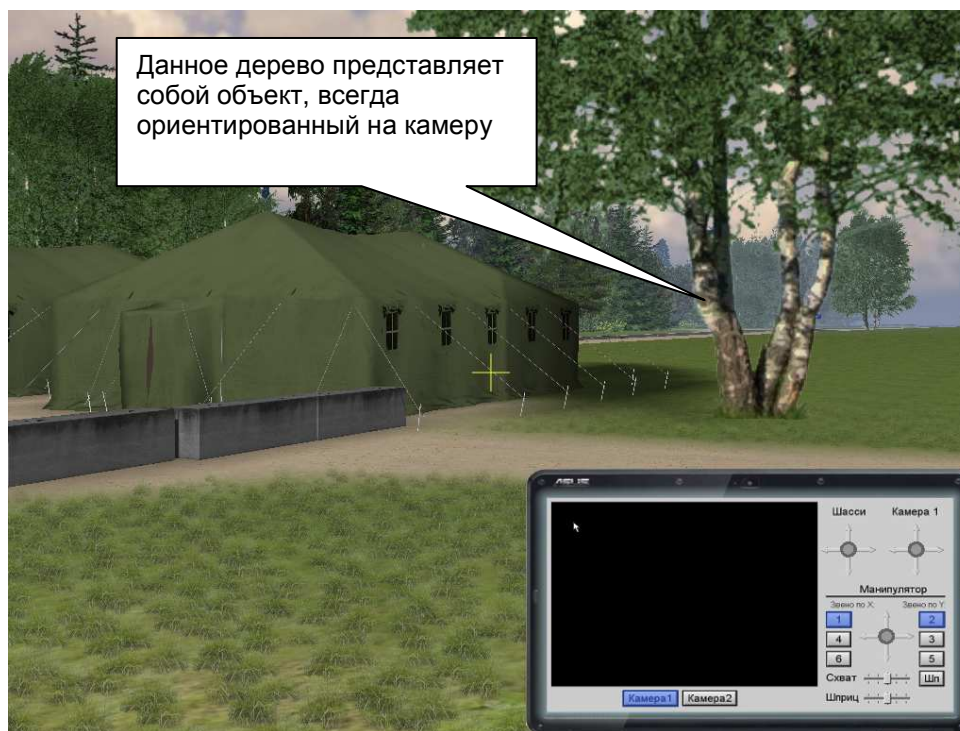


Рис. 9 Пример объектов, всегда ориентированных на камеру

3.9. Создание светоотражающих/индуктивных полос

В Dyn-Soft RobSim 5 имеется возможность имитации движения мобильных роботов по светоотражающим полосам или индуктивным кабелям. Механизмы распознавания светоотражающих полос по видеоизображению в Dyn-Soft RobSim 5 работают в режиме имитации, поэтому разметку светоотражающей полосы следует специальным образом размечать.

Для создания светоотражающей полосы или индуктивного кабеля следует в 3D Studio MAX с помощью двухмерных фигур (Shapes) нарисовать путь, вдоль которого размечена полоса. Допускается создание ответвлений с помощью создания дополнительных объектов Shapes.

Каждый такой объект Shapes должен иметь название, соответствующее схеме:

*текст1*STRIP*подназвание*текст2*

или

*текст1*STRIP*текст2*

Где:

текст1, *текст2* – произвольных текст (в том числе пустой).

подназвание – опциональное название типа полосы (при распознавании можно указать роботу распознавать только полосы, имеющие определенные подназвания).

Например:

**STRIP*WHITE*01*

Распознавание светоотражающих полос осуществляет роботом с помощью камеры, направленной на полосу, и соответствующего блока в его системе управления.

3.10. Экспорт сцены

Перед экспортом необходимо сохранить сцену в MAX-файл. Для экспорта необходимо выбрать пункт меню «File | Экспорт сцены в z3D». Путь для экспорта выбирается автоматически, название файла совпадает с названием MAX-файла.

4. Создание конструкции робота для Dyn-Soft RobSim 5

4.1. Правила создания модели робота в среде 3D Studio MAX

Для создания робота в среде 3D Studio MAX можно применять методы и приемы работы с 3D Studio MAX, описанные в учебном пособии «Разработка трехмерных моделей в 3D Studio MAX», которое можно найти по адресу: <http://robsim.dynsoft.ru/3DStudio.pdf>

При разработке следует соблюдать несколько простых правил:

- Соответствие единиц измерения. Для разработки робота рекомендуется установить единицы измерения сантиметры. По умолчанию 3D Studio MAX использует условные единицы размера, которые соответствуют 1 дюйму.
- Перёд робота приходится в положительном направлении по глобальной оси Y. Вверх робота направлена ось Z (Рис. 10).
- На плоскости $Z=0$ робот должен стоять колесами, как на земле (Рис. 10).

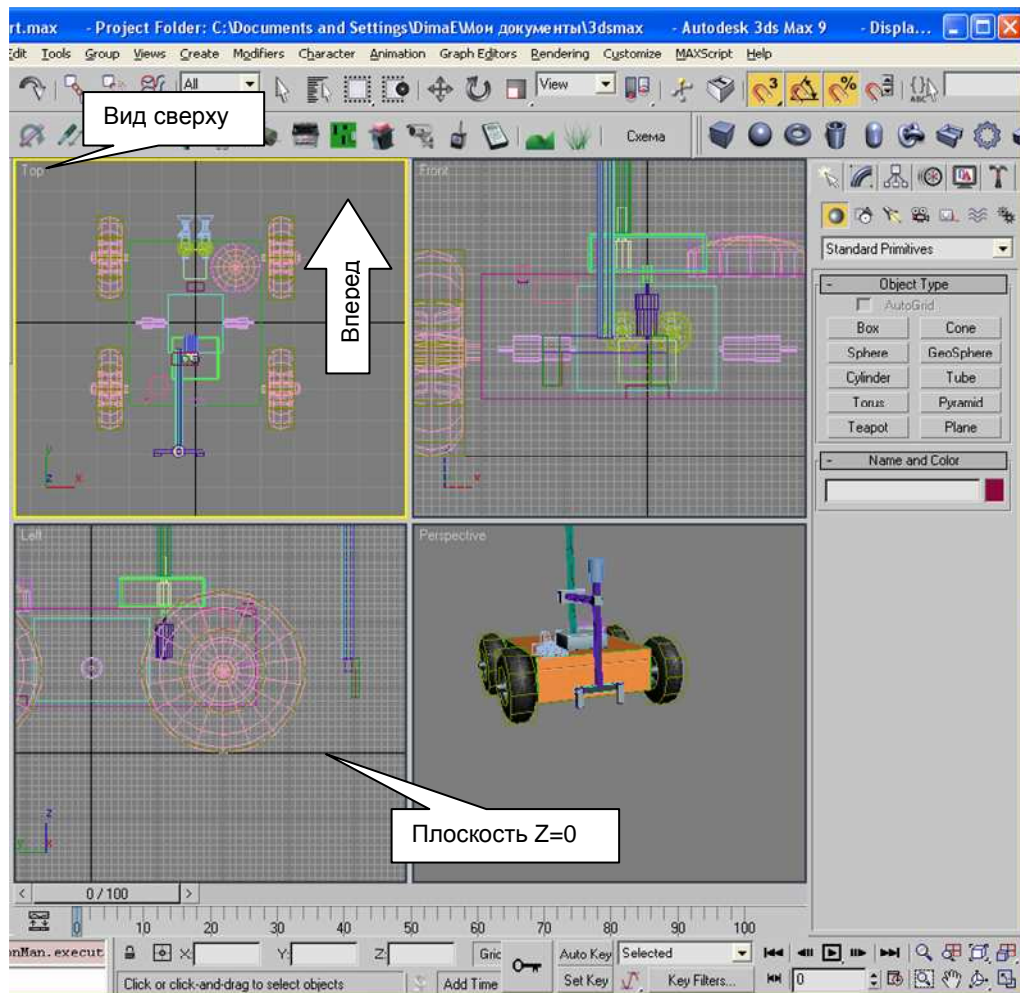


Рис. 10 Иллюстрация правил создания робота

4.2. Создание поверхностей столкновения

После создания геометрической модели робота необходимо пометить поверхности столкновения. Это делается с помощью объекта «Тело», расположенного на панели RobSim5 (Рис. 11).



Рис. 11 Объект «Тело» на панели RobSim5

В параметрах объекта тела можно выбрать форму объекта: параллелепипед, цилиндр, капсула или сфера.

Объектами «Тело» необходимо грубо аппроксимировать конструкцию робота. С помощью инструмента «Select And Link» объекты «Тело» необходимо привязать к геометрическим объектам, которые они аппроксимируют. Не имеет смысла аппроксимировать мелкие вырезы формы, величиной менее 3-4 см. Однако следует аппроксимировать выпуклости формы, высотой более 2-3 см. При аппроксимации следует исходить из принципа необходимости и достаточности. Большое число объектов «Тело» будет приводить к замедлению работы моделирующего комплекса. Обычно для аппроксимации сложной формы не требуется более 5-6 объектов «Тело».

Следует понимать, что каждый объект «Тело» определяет массу и момент инерции звена робота.

Галочка «Внеш.тело» в параметрах настройки объекта «Тело» определяет необходимость использования данного объекта в качестве поверхности столкновения. При отключенной галочке объект только определяет свою массу. Объектов с отключенной галочкой «Внеш.тело» может быть сколь угодно много. Подразумевается, что разработчик может пометить

объектом «Тело» внутренние перегородки в конструкции робота для правильного формирования массы.

Масса объекта «Тело» определяется автоматически в зависимости от формы, материала и конфигурации объекта.

В параметрах объекта «Тело» задается реальный материал внешней оболочки объекта (в параметрах он назван просто «Материал»). Реальный материал не следует путать с материалом 3D Studio MAX. Реальных материалов в Dyn-Soft RobSim 5 используется 12 штук: металл, алюминий, платина, пластик, дерево, камень, стекло, резина, кожа, земля, лед и вода. Разработчик должен отнести материал своего объекта к одной из перечисленных категорий, исходя из плотности, коэффициенту трения и возможному звуку при столкновении. Следует отметить, что по перечисленным характеристикам многие материалы похожи на один из 12 приведенных материалов. Последние три материала введены для совместимости.

Параметр «Внутри» объекта «Тела» задает внутреннее содержимое объекта. Он может принимать значение:

- Однородный (единый монолитный объект).
- Пустой (объект внутри пустой).
- Имеет каркас (объект внутри пустой, но имеет ребра каркаса).

Если объект не однородный, то необходимо задать толщину оболочки объекта (параметр «Толщина оболочки»).

Если объект имеет каркас, то следует задать, из какого профиля выполнен каркас (параметр «Профиль каркаса»): лента, уголок, круглая трубка, квадратная трубка, спица. На Рис. 12 представлены перечисленные формы профиля, а также обозначено, какие из геометрических размеров являются размерами и толщиной профиля.

Параметры размера и толщины профиля также необходимо задавать в параметрах объекта «Тело».

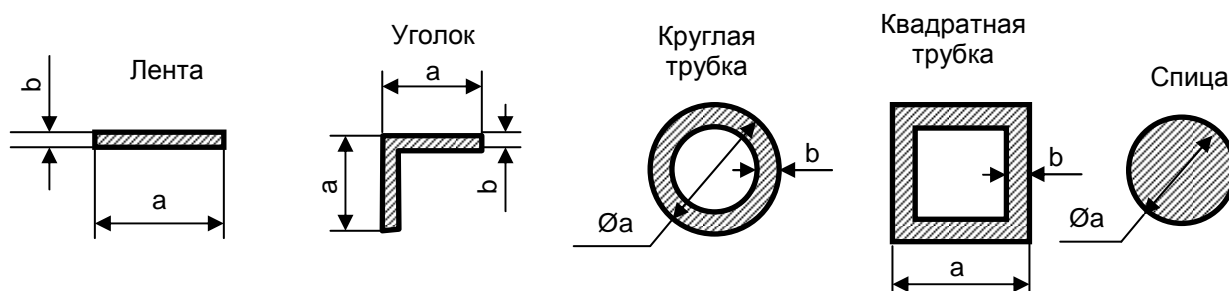


Рис. 12 Типы профиля каркаса, a – размер профиля, b – толщина профиля

Исходя из габаритных размеров тела, внутреннего наполнения, толщины оболочки, наличия каркаса и его формы и размеров определяется масса внешней оболочки тела, а также масса внутреннего объема. Разработчик должен следить за адекватностью этих масс и при необходимости корректировать параметры объекта «Тело».

Внимание! Изменять масштаб объектов «Тело» нельзя!

Следует отметить, что Dyn-Soft RobSim 5 при формировании тени от робота использует не геометрию робота, а объекты «Тело».

Нет необходимости создавать поверхность столкновения у колес робота, т.к. для этого существует отдельный инструмент.

Объекты «Тело» не сталкиваются друг с другом, если они являются частью одного звена (звенья разделяются объектами «Ось», «Линейный двигатель» или «Модель»).

Объекты «Тело» разных звеньев, которые изначально были нарисованы пересекающимися, не сталкиваются друг с другом. Это применяется для создания состыкованных друг с другом звеньев.

Объекты «Тело» разных звеньев не следует создавать впритык друг к другу. Дело в том, что таком состоянии при некоторых ориентациях звеньев данные объекты «Тело» будут пересекаться, а при некоторых ориентациях – нет. Это будет приводить к неадекватному движению звеньев робота. Поэтому объекты «Тело» нужно рисовать либо на 2-3 мм пересекающимися, либо на 2-3 мм отделенными друг от друга.

Внимание! Изменять масштаб объектов «Тело» нельзя!

4.3. Создание осей вращения

Для создания оси вращения используется объект «Ось», создаваемый с помощью соответствующего инструмента панели RobSim5 (Рис. 13).



Рис. 13 Инструмент «Ось» на панели RobSim5

Объект «Ось» необходимо создать в точке вращения. Размеры оси, задаваемые интерактивно мышкой, а также изменяемые в параметрах объекта, не имеют никакого значения, разве что придают эстетичный вид объекту.

Важными параметрами объекта «Ось» являются:

- поле «Момент трения». Задается момент трения в Н·м.
- галочка «Ограничения», а также поля «От угла» и «До угла». Галочка «Ограничение» включает ограничения на поворот звена. В этом случае задается, от какого угла и до какого угла возможен поворот. Угол измеряется против часовой стрелки, если смотреть на ось со стороны ее оси Z.
- поле «Двигатель», а также относящиеся к нему кнопки «Добавить» и «Удалить». Кнопка «Добавить» включает режим выбора двигателя. После нажатия на данную кнопку необходимо мышкой указать на двигатель, который приводит в движение данную ось. Кнопка «Удалить», соответственно, удаляет двигатель.
- поле «Коэф.редукции» задает коэффициент редукции между двигателем и данной осью. Коэффициент редукции уменьшает скорость

двигателя и повышает его момент. Отрицательный коэффициент редукции означает смену направления вращения.

- Поле «Объект 2» задает присоединяемый к оси объект, если в силу сложности механизма, невозможно привязать объект к оси (например, в случае 4-звенного механизма).

Следует отметить, что от одного двигателя могут приводиться в движение несколько звеньев, причем каждое звено со своим коэффициентом редукции.

4.4. Создание звеньев перемещения

Для создания звеньев линейного перемещения, конструкция которых разрабатывается самим разработчиком, используется объект «Линейное звено». Для создания готовых актуаторов следует применять другой компонент (см. далее).

Линейное звено создается с помощью соответствующего инструмента панели RobSim5 (Рис. 14).



Рис. 14 Инструмент «Линейное звено» на панели RobSim5

Объект «Линейное звено» необходимо располагать вдоль оси перемещения. Размеры звена, задаваемые интерактивно мышкой, а также изменяемые в параметрах объекта, не имеют никакого значения, разве что придают эстетичный вид объекту.

Важными параметрами объекта «Линейное звено» являются:

- поле «Сила трения». Задается трения в Ньютонах.
- галочка «Ограничения», а также поля «От» и «До». Галочка «Ограничение» включает ограничения

перемещение звена. В этом случае задается, от какого перемещения и до какого перемещения возможно движение звена (В сторону сжатия отрицательное направление, в сторону расширения – положительное).

- поле «Двигатель», а также относящиеся к нему кнопки «Добавить» и «Удалить». Кнопка «Добавить» включает режим выбора двигателя. После нажатия на данную кнопку необходимо мышкой указать на двигатель, который приводит в движение данную ось. Кнопка «Удалить», соответственно, удаляет двигатель.
- поле «Коэф.редукции» задает коэффициент редукции (в метрах на оборот) между двигателем и данным звеном. Коэффициент редукции уменьшает скорость двигателя и повышает его момент. Отрицательный коэффициент редукции означает смену направления вращения.
- Поле «Объект 2» пока не поддерживается и приводится для будущих разработок.

Следует отметить, что от одного двигателя могут приводиться в движение несколько звеньев, причем каждое звено со своим коэффициентом редукции.

4.5. Создание колес

Геометрические объекты, образующие колесо робота рисуются разработчиком с использованием всех методов работы с 3D Studio MAX. Рекомендуется рисовать колеса в виде уже готовых покупных изделий (продается достаточно много разнообразных колес от транспортных тележек).

Созданное геометрическими объектами колесо необходимо аппроксимировать объектом «Колесо» (Рис. 15).



Рис. 15 Инструмент «Колесо» на панели RobSim5

При интерактивном создании колеса разработчик мышкой должен указать центр колеса, задать его радиус и ширину.

Объект «Колесо» необходимо привязать инструментом «Select And Link» к основанию, на котором закреплена ось колеса. Геометрические объекты, которыми образован внешний вид колеса, необходимо привязать к объекту «Колесо» (Рис. 16).

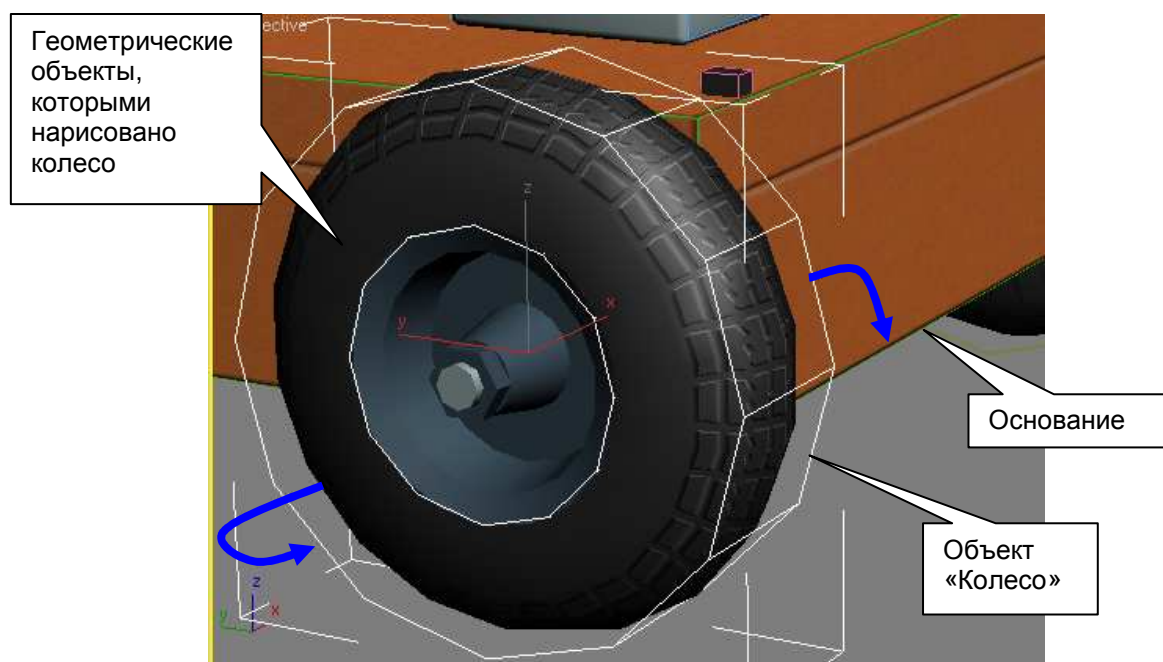


Рис. 16 Порядок привязки объекта «Колесо»

В настройках параметров колеса можно задавать все его геометрические размеры вручную, а можно выбрать из базы данных колес. Для выбора из базы данных необходимо в параметрах объекта «Колесо» нажать кнопку «Выбрать модель». При этом открывается окно выбора модели из базы данных, показанное на Рис. 17.

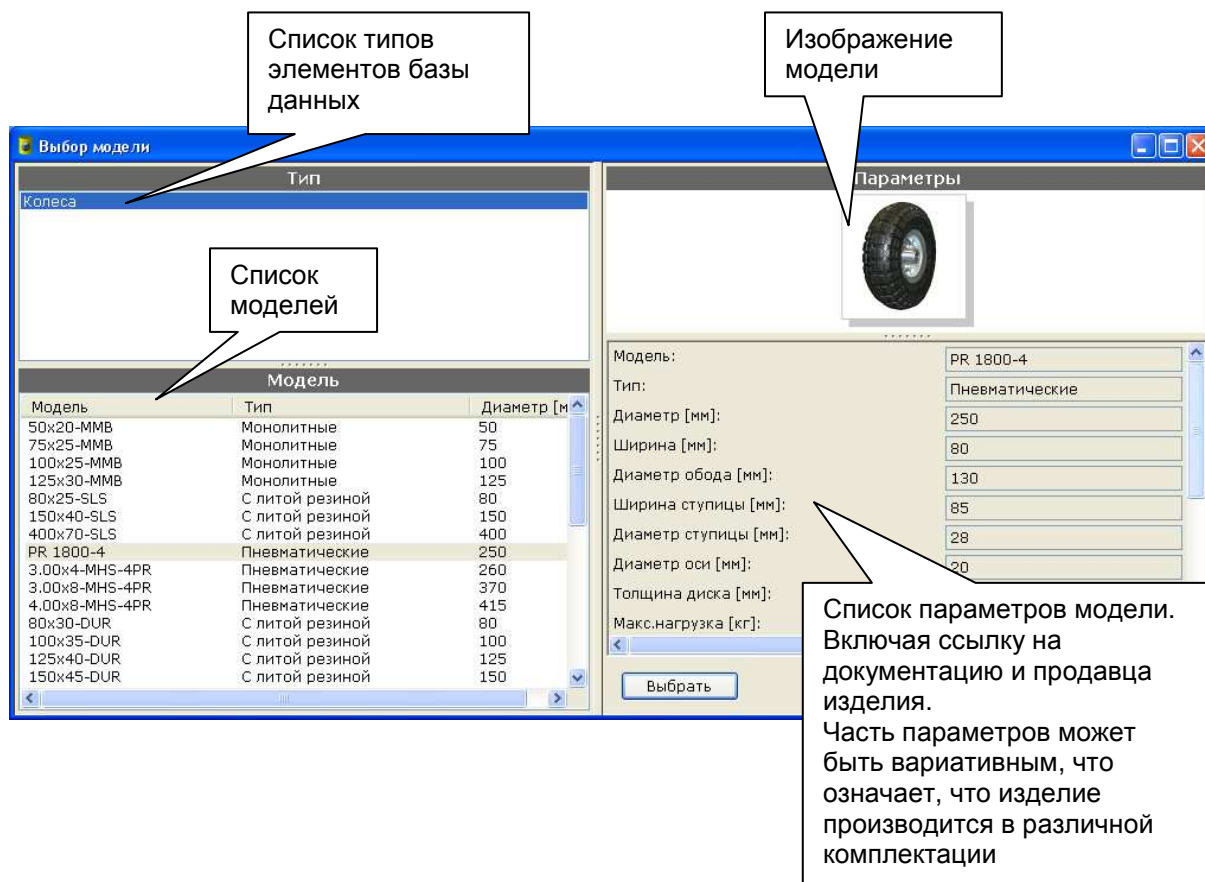


Рис. 17 Окно выбора модели из базы данных

Если разработчик желает самостоятельно сформировать параметры объекта «Колесо», то необходимо задать следующие параметры объекта.

Тип колеса (группа «Тип»).

- Монолитное (колесо целиком сделано из одного материала).
- С литой шиной (диск колеса и шина сделаны из разных материалов, но шина внутри монолитная).
- Пневматическое (колесо образовано диском и пневматической шиной).

Поля «Диаметр» и «Ширина» задают соответственно диаметр и ширину колеса, которые задавались интерактивно при создании колеса.

Поля «Диаметр обода», «Ширина ступицы», «Диаметр ступицы», «Диаметр оси», «Толщина диска» задают размеры колеса. Назначение этих параметров показано на Рис. 18.

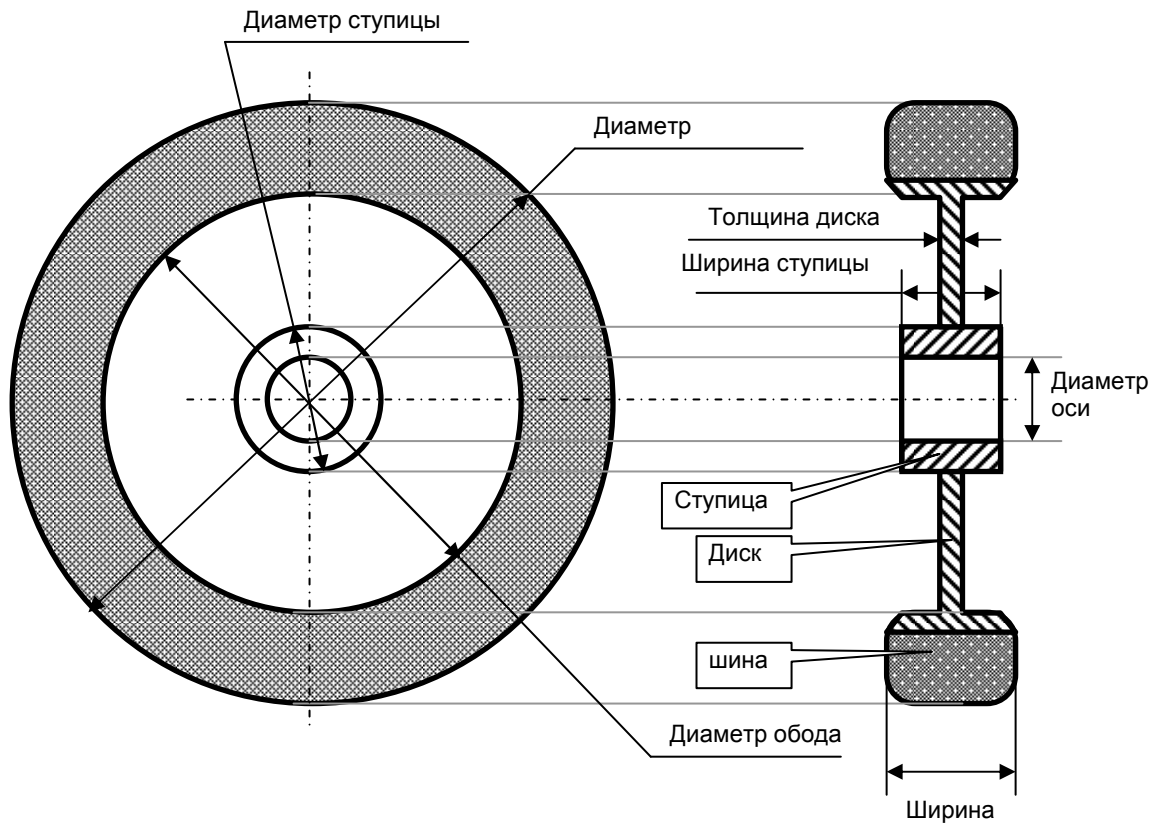


Рис. 18 Структура колеса

Следует отметить, что если в диске колеса имеются отверстия или спицы, то разработчику следует самостоятельно рассчитать коэффициент заполнения диска и помножить на этот коэффициент задаваемую толщину диска.

Поля «Материал шины», «Материал диска» и «Материал ступицы» соответственно задают реальный материал шины, диска и ступицы.

На основе размеров колеса и материалов, из которого оно создано, рассчитывается масса колеса. Создавая колесо, разработчик должен следить за адекватностью данной массы.

Дополнительно у объекта «Колесо» задаются параметры протектора.

Поле «Коэф. протектора продольный» определяет дополнительный множитель к коэффициенту сухого трения колеса вдоль направления вращения колеса. Значение должно быть в диапазоне от 0.3 до 5.

Поле «Коэф. протектора поперечный» определяет дополнительный множитель к коэффициенту сухого трения колеса в направлении оси колеса. Значение должно быть в диапазоне от 0.3 до 5.

Следует отметить, что если предполагается, что робот будет совершать поворот на месте по принципу гусеничной машины, то его колеса при таком повороте совершают поступательное перемещение вдоль оси. На Рис. 19 показано, что при повороте робота на месте момент, создаваемый колесами, приводит к появлению вращательной скорости ω основания робота. Скорость ω в точке касания колеса грунта создает линейную скорость v ($v = \omega \cdot d$), которая раскладывается на вектор v_y , направленный вдоль направления вращения колеса, и вектор v_x , направленный поперек направления вращения колеса (вдоль оси).

Поэтому «коэффициент протектора поперечный» должен способствовать такому перемещению.

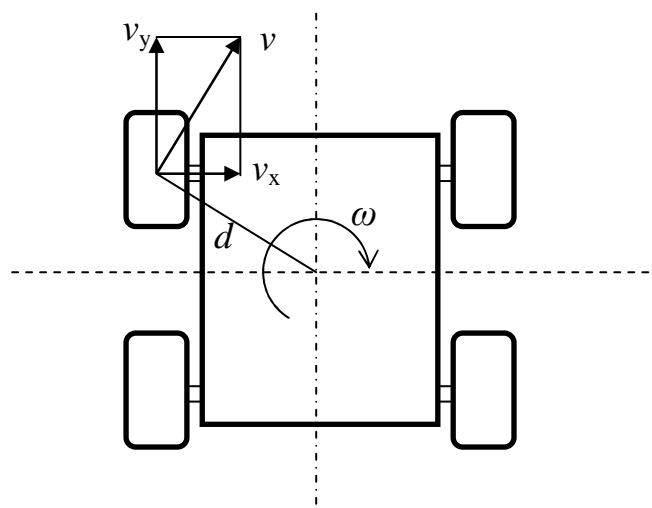


Рис. 19 Разложение вектора скорости в точке касания колеса грунта при повороте робота на месте

Не сложно заметить, что чем шире будет основание робота (по отношению к ее длине), тем меньше будет значение v_x по отношению к v_y . И наоборот, чем длиннее робот, тем больше будет величина v_x по отношению к v_y . При некотором критическом соотношении сторон робот вообще лишается возможности поворота на месте. Поэтому роботов, которые поворачивают по принципу гусеничной машины, следует делать широкими.

Также в параметрах объекта «Колесо» имеется выбор момента трения оси колеса. Задается в н·м.

Поле «Двигатель» задает двигатель, который приводит в движение данное колесо. Для выбора двигателя необходимо нажать кнопку «Выбрать» и кликнуть в двигатель. При необходимости выбранный двигатель можно отвязать кнопкой «Удалить».

При установке двигателя становится актуальным поле «Кэф. редукции», которое задает коэффициент редукции между двигателем и осью колеса. Значения больше единицы, означают понижение скорости двигателя и повышение момента. Допускается отрицательный коэффициент редукции, что означает, что колесо вращается в противоположенную сторону, чем вал двигателя.

4.6. Создание гусеничных треков

Гусеничный трек в Dyn-Soft RobSim 5 придает единую скорость всем колесам гусеничного трека (с учетом их радиуса), а также суммирует моменты всех колес (также с учетом радиуса).

Dyn-Soft RobSim 5 не моделирует опору на гусеницу, проходящую между колес. Опора робота все равно осуществляется на его колеса. При этом радиус колеса увеличивается на толщину гусеницы.

Гусеничный трек может располагаться исключительно вдоль глобальной оси Y робота!

Для создания гусеничного трека необходимо сначала создать все его колеса. Колеса должны располагаться в одной вертикальной плоскости.

Затем следует в любом месте сцены нарисовать один элемент гусеничного трека. Важно, чтобы элемент гусеничного трека был одним единым объектом. Не допускается использование в качестве элемента трека группы или связанных друг с другом объектов. При необходимости элемента создания гусеничного трека из нескольких объектов их необходимо соединить в один объект с помощью модификатора Edit Mesh (см. [2]). Не рекомендуется делать элемент гусеницы слишком сложным (с большим количеством полигонов). Не стоит забывать, что этот элемент будет нарисован на сцене многократно.

Важно расположить оси элемента гусеничного трека так, чтобы ось Y была направлена вперед, а ось Z направлена вверх от внутренней стороны трека. Оси объекта должны располагаться по центру объекта в верхней части внутренней стороны в точке касания колеса (Рис. 20).

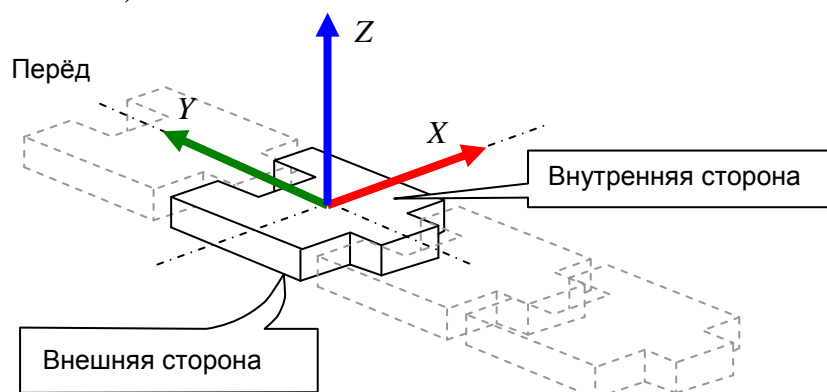


Рис. 20 Расположение осей у элемента гусеничного трека

После создания колес и элемента гусеничного трека можно создать гусеницу. Для этого необходимо взять с панели RobSim5 инструмент гусеница (Рис. 21) и кликнуть, установив ее в любую точку сцены.



Рис. 21 Инструмент «Гусеница» на панели RobSim5

При этом на сцене будет создана гусеница по умолчанию (скрученная в трубочку). Местоположение гусеницы по умолчанию ни на что не влияет.

В объект «Гусеница» необходимо кликнуть, чтобы настроить его параметры (Рис. 22).

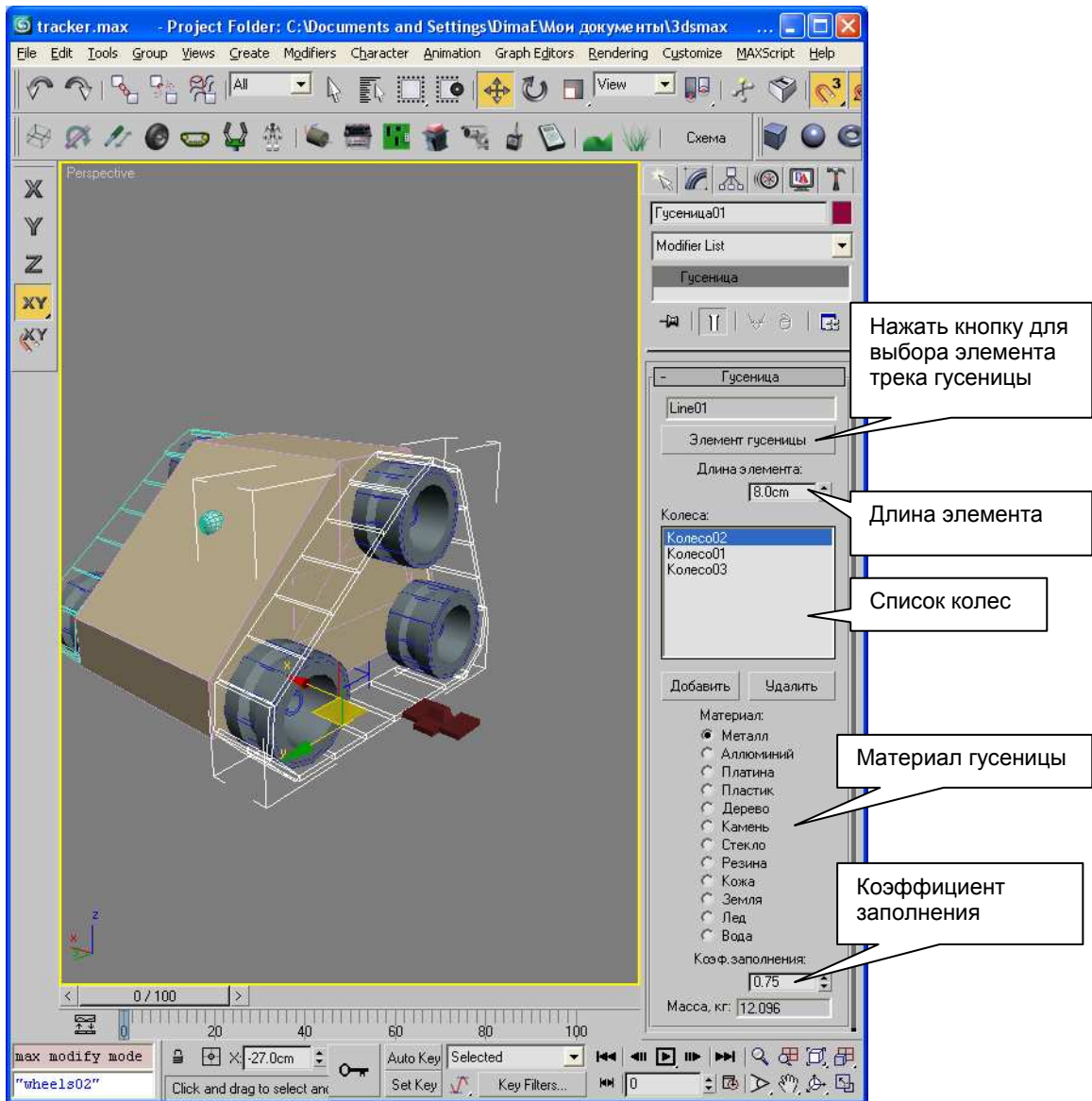


Рис. 22 Иллюстрация создания гусеницы

В список колес необходимо добавить все колеса, входящие в гусеничный трек. Для добавления в список необходимо нажать кнопку «Добавить» под список колес. При добавлении первого же колеса гусеница будет натягиваться между указанными

колесами. Порядок прохода гусеницы по колесам определяется автоматически.

Далее необходимо нажать кнопкой «Элемент гусеницы» и кликнуть в созданный элемент гусеницы. Следует отметить, что один и тот же элемент гусеницы могут использовать несколько гусеничных треков.

После выбора элемента гусеницы автоматически определяется его высота и длина элемента. Длина элемента определяется исходя из максимальной и минимальной координаты объекта гусеничного трека, что не всегда верно, т.к. элементы гусеницы обычно вставляются друг в друга. Поэтому в параметрах гусеницы необходимо вручную задать величину «Длина элемента».

Стыковка гусеничного трека производится под задним колесом робота. При этом провисание гусеницы не учитывается. Поэтому необходимо путем выбора величины «Длина элемента» подобрать такой шаг гусеницы, чтобы начало гусеницы хотя бы приблизительно состыковывалось с ее концом.

Параметр «Материал» определяет реальный материал, из которого сделан гусеничный трек.

Параметр «Коэф. заполнения» определяет коэффициент заполнения объема параллелепипеда, ограничивающего элемент гусеничного трека, выбранным материалом.

Исходя из количества элементов гусеницы, их материала, объема и коэффициента заполнения формируется масса всей гусеницы. Разработчик должен следить за адекватностью данной массы.

4.7. Создание двигателей

Для создания двигателей необходимо использовать инструмент «Двигатель» с панели RobSim5 (Рис. 23).

При установке объекта «Двигатель» на сцену формируется двигатель по умолчанию. Для выбора конкретной модели двигателя необходимо нажать кнопку «Выбрать модель» в параметрах данного объекта. При этом открывается база данных двигателей. При выборе двигателей и мотор-редукторов из базы

данных следует обратить внимание, что многие из них производятся в разной комплектации и с разными редукторами. Поэтому у некоторых моделей двигателей в базе данных некоторые параметры являются вариативными, т.е. разработчик может выбрать модель и заданной разновидностью. В частности, почти у всех мотор-редукторов вариативным является передаточное число редуктора.

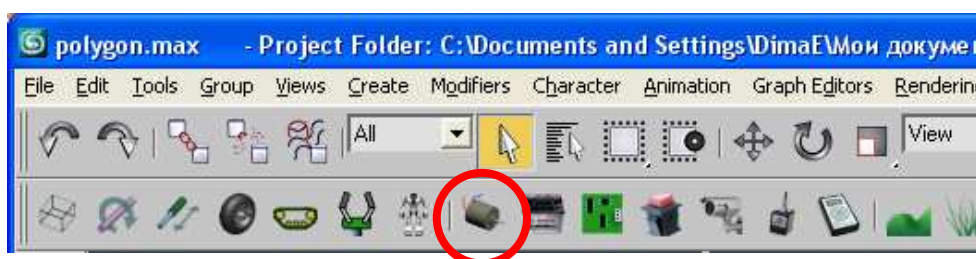


Рис. 23 Инструмент «Двигатель» на панели RobSim5

Объект «Двигатель» необходимо разместить в модели робота таким образом, чтобы он полностью оказался внутри конструкции и не пересекался с другими внутренними компонентами робота. Если двигатель находится снаружи, то необходимо нарисовать его внешний вид и аппроксимировать объектом «Тело».

Масса двигателя учитывается автоматически.

Объект «Двигатель» необходимо привязать к звену, в котором он установлен. В противном случае считается, что он привязан к основанию робота.

Для использования двигателя необходимо выбрать данный двигатель в параметрах объектов «Ось», «Линейное звено» или «Колесо». Допускается использование одного двигателя несколькими звеньями. При этом считается, что эти звенья механически друг с другом связаны.

Использование двигателя определяется электрической схемой подключения робота, речь о которой пойдет в главе 5.

4.8. Создание актуаторов

Актуатор – это готовое промышленное звено линейного перемещения, оснащенное встроенным двигателем постоянного тока (Рис. 24). Механически конструкция двигателя и корпус изделия представляют единое целое. Поэтому все изделие следует рассматривать как один объект.

Актуатор обычно оснащен встроенными концевыми датчиками, которые отключают его движение при достижении крайних положений.

Актуатор опционально может быть оснащен инкрементным датчиком Холла (одноканальным или двухканальным) или потенциометрическим датчиком. В Dyn-Soft RobSim 5 опциональное оснащение датчиками задается при выборе актуатора из базы данных электронных компонентов.



Рис. 24 Внешний вид актуатора

В Dyn-Soft RobSim5 для создания актуаторов используется соответствующий инструмент (Рис. 25).

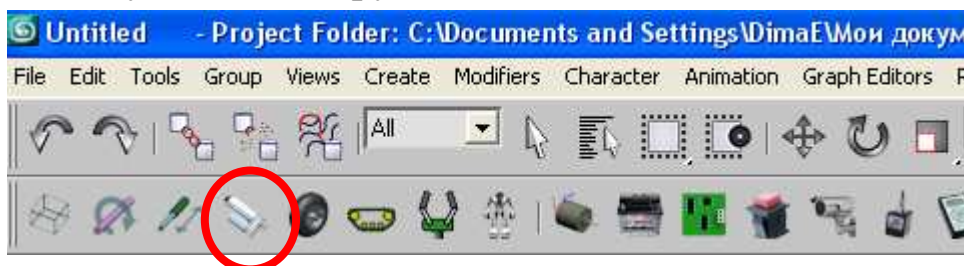


Рис. 25 Инструмент «Актуатор» на панели RobSim 5

На рабочую сцену в 3D Studio MAX актуатор устанавливается одиночным кликом. При этом появляется объект, схематично отображающий корпус изделия в соответствующих габаритных размерах.

В параметрах актуатора выбирается его конкретная модель и начальное положение. При открытии окна выбора из базы данных электронных компонентов следует обратить внимание на широкий выбор опциональных параметров конкретной серии.

4.9. Создание пружин и демпферов

Dyn-Soft RobSim 5 поддерживает стандартные динамические объекты 3D Studio MAX:

- Spring (пружина);
- Damper (демпфер).

Для создания данных примитивов необходимо выбрать на контрольной панели на закладке «Create», опцию «Geometry», в выпадающем списке выбрать «Dynamics Object». Для создания пружины необходимо нажать кнопку «Spring», а для создания демпфера – «Damper».

В параметрах примитива необходимо выбрать его режимы и настройки.

В режиме «Free Spring» (для пружины) или «Free Damper» (для демпфера) примитивы являются обычными геометрическими объектами.

Однако в режиме «Bound To Object Pivots» примитивы превращаются в динамические объекты. Примитивы автоматически натягиваются между осями указанных объектов, выбирая свою ориентацию и, при необходимости, растягиваются или сжимаются. После установки этого режима в параметрах примитива необходимо с помощью кнопки «Pick Top Object» выбрать верхний объект, а с помощью кнопки «Pick Bottom Object» – нижний объект. При перемещении указанных объектов примитивы Spring и Damper будут следовать за ними.

Имеет смысл привязать верхний и нижний объект к какому-либо звену робота.

Настройки пружины

В настройках примитива Spring имеет смысл задать параметр «Turn» (количество витков пружины). В силу того, что примитив при большом числе витков пружины образует огромное число полигонов, разработчику рекомендуется по максимуму сократить число сегментов провода (параметр «Sides» в группе «Wire Shape») и число сегментов на оборот (параметр «Segs/Turn»).

Для формирования динамических свойств пружины необходимо в группе «Dynamics Parameters» задать параметр «Relaxed Hgt» (длина пружины в режиме покоя, т.е. в расслабленном режиме), а также коэффициент жесткости пружины «Constant k».

Внимание! Разработчики примитива ошибочно указали коэффициент жесткости в единицах длины! Поэтому пользователю не следует обращать внимания на наличие приписанных единиц измерения в параметре «Constant k» (например, 100 см). В Dyn-Soft RobSim 5 использует только числовое значение данного параметра (для приведенного примера, 100).

Ниже в группе «Spring constant is in» необходимо указать единицы измерения жесткости пружины, рекомендуется «Newtons per meter» (ньютон на метр). По умолчанию в 3D Studio MAX используется «Pounds per inch» (фунтов на дюйм).

В группе «Spring works in» выбирается режим работы пружины: Compression Only (только сжатие), Extension Only (только расширение) и Both (оба режима). Рекомендуется «Both».

Галочка «Enable nonlinearity» игнорируется.

Иногда в параметрах примитива Spring имеет смысл снять галочку «Renderable» (отображаемая), чтобы, не показывая на экране саму пружину, а лишь приложить ее усилие.

Настройки демпфера

В настройках демпфера необходимо задать параметры, отвечающие за форму геометрического объекта. Их много и они очевидны.

В настройках «Dynamics Parameters» выбирается режим «Damper» (демпфер) или «Actuator» (актюатор – линейный двигатель). Режим «Actuator» не поддерживается в Dyn-Soft RobSim 5 (в RobSim 5 есть отдельный примитив «Линейное звено» для реализации функции актюатора).

В настройках демпфера (группа «Damper Parameters») необходимо задать коэффициент демпфирования «Drag», а также ниже выбрать единицы его измерения, рекомендуется «Newtons per m/sec» (ньютон на метр в секунду). По умолчанию в 3D Studio MAX используется «Pounds per in/sec» (фунтов на дюйм в секунду).

Иногда в параметрах имеет смысл снять галочку «Renderable» (отображаемый), чтобы, не показывая на экране сам демпфера, а лишь приложить его усилие.

Допускается применение модификатора Edit Mesh для демпфера, но лишь для того, чтобы установить различные материалы различным элементам конструкции демпфера. Изменять демпфер с помощью Edit Mesh не допускается!

4.10. Создание бортовых радиоэлектронных устройств

Инструмент «Устройство» с панели RobSim5 (Рис. 26) предназначен для создания бортовых радиоэлектронных устройств, таких как: аккумуляторные батареи, блоки питания (преобразователи напряжения), бортовых вычислителей и усилителей радиосигнала. Общее между ними то, что всем этим объектам неважно конкретное местоположение на работе.

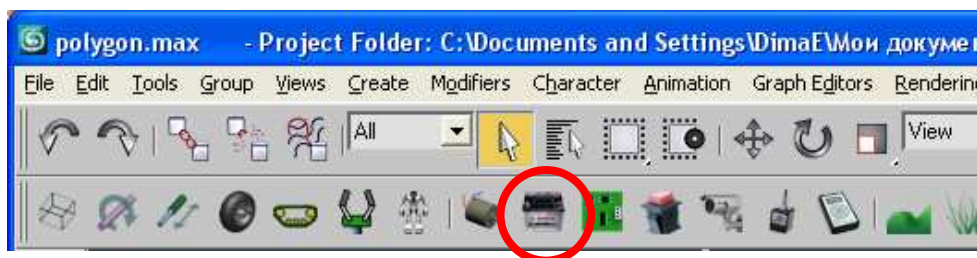


Рис. 26 Инструмент «Устройство» на панели RobSim 5

При установке объекта на робота появляется объект по умолчанию. Для выбора конкретной модели устройства необходимо в параметрах объекта нажать кнопку «Выбрать модель». При этом открывается база данных, из которой можно выбрать тип устройства и его конкретную модель. Следует следить за наличием вариативных параметров у некоторых моделей устройств.

Устройство необходимо полностью поместить в корпус робота таким образом, чтобы его габариты пересекались с другими устройствами.

Масса устройства учитывается автоматически.

Использование устройств определяется электрической схемой подключения робота, речь о которой пойдет в главе 5.

4.11. Создание сенсоров, средств связи и антенн

Инструмент «Сенсор» с панели RobSim5 (Рис. 27) предназначен для создания радиоэлектронных устройств, таких как: роутеры беспроводной связи, антенны, системы глобальной навигации, инерциальные датчики и системы, детекторы радиации и дальномеры. Общее между ними то, что всем этим объектам важно конкретное местоположение на роботе.

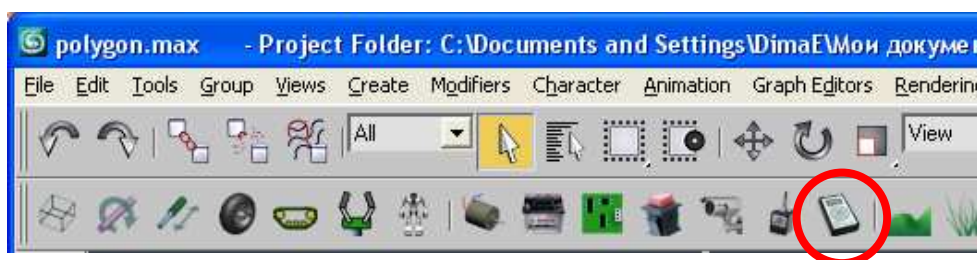


Рис. 27 Инструмент «Сенсор» на панели RobSim 5

При установке объекта на робота появляется объект по умолчанию. Для выбора конкретной модели устройства необходимо в параметрах объекта нажать кнопку «Выбрать модель». При этом открывается база данных, из которой можно выбрать тип устройства и его конкретную модель. Следует следить за наличием вариативных параметров у некоторых моделей устройств.

Устройство необходимо полностью поместить в корпус робота таким образом, чтобы его габариты пересекались с другими устройствами.

Масса устройства учитывается автоматически.

Использование устройств определяется электрической схемой подключения робота, речь о которой пойдет в главе 5.

4.12. Создание датчиков внутреннего состояния

Инструмент «Датчик» с панели RobSim5 (Рис. 28) предназначен для создания датчиков внутреннего состояния робота. С помощью данного инструмента создаются энкодеры (инкрементные датчики), потенциометрические датчики и концевые датчики.



Рис. 28 Инструмент «Датчик» на панели RobSim 5

При установке объекта на робота появляется объект по умолчанию. Для выбора конкретной модели устройства необходимо в параметрах объекта нажать кнопку «Выбрать модель». При этом открывается база данных, из которой можно выбрать тип устройства и его конкретную модель. Следует следить за наличием вариативных параметров у некоторых моделей устройств.

Устройство необходимо полностью поместить в корпус робота таким образом, чтобы оно его габариты пересекались с другими устройствами. Рекомендуется выбирать местоположение датчика там, где он должен находиться по логике вещей. Например, вал энкодера должен находиться там, где находится измеряемая им ось вращения.

Масса устройства учитывается автоматически.

В параметрах объекта «Датчик» необходимо выбрать звено («Ось», «Линейное звено» или «Колесо»), к которому подключен данный датчик, а также задать коэффициент редукции.

При установке концевых датчиков важно также задать поле «Угол» (если измеряется ось или колесо) или «Положение» (если измеряется линейное звено). Эти поля задают угол или положение (после применения коэффициента редукции), при котором срабатывает датчик.

Для энкодеров и потенциометрических датчиков поле «Угол» или «Положение» задают начальное положение оси (после применения коэффициента редукции).

Следует отметить, что потенциометрические датчики, имеющие ограничение на поворот вала, могут выйти из строя (разрушится), если измеряемый ими вал выходит за эти ограничения.

Использование устройств определяется электрической схемой подключения робота, речь о которой пойдет в главе 5.

4.13. Создание бортовых видеокамер робота

Для создания бортовых видеокамер робота используется инструмент «Камера» с панели RobSim5 (Рис. 29).

При установке объекта на робота появляется камера по умолчанию. Для выбора конкретной модели устройства необходимо в параметрах объекта нажать кнопку «Выбрать модель». При этом открывается база данных, из которой можно выбрать тип устройства и его конкретную модель. Следует следить за наличием вариативных параметров у некоторых моделей устройств.



Рис. 29 Инструмент «Камера» на панели RobSim5

Объект камера состоит из двух объектов: корпуса камеры и объекта стандартного объекта Free Camera, используемого в 3D Studio MAX. Разработчик может в один из видов 3D Studio MAX вывести изображение с бортовой телекамеры, чтобы заранее представить вид с этой камеры.

Камеру необходимо либо полностью поместить в корпус робота, создав в корпусе окошко, либо поместить вне робота, нарисовав корпус камеры. Корпус камеры не должен пересекаться с другими компонентами робота.

Использование камеры определяется электрической схемой подключения робота, речь о которой пойдет в главе 5.

4.14. Создание кнопок и выключателей

На роботе может быть установлен один или несколько выключателей. Виртуальный оператор может подойти к роботу и нажать либо переключить один из них. В основном речь идет об общем выключателе питания.

Для создания бортовых видеокамер робота используется инструмент «Камера» с панели RobSim5 (Рис. 30).

При установке объекта на робота появляется кнопка по умолчанию. Для выбора конкретной модели устройства необходимо в параметрах объекта нажать кнопку «Выбрать модель». При этом открывается база данных, из которой можно выбрать тип устройства и его конкретную модель. Следует следить за наличием вариативных параметров у некоторых моделей устройств.



Рис. 30 Инструмент «Кнопка» на панели RobSim5

Объект «Кнопка» нужно разместить так, чтобы положение осей объекта находилось в горячей точке, куда виртуальный

оператор будет нажимать, чтобы нажать кнопку или переключить переключатель.

Кнопку необходимо поместить в корпус робота, нарисовав на корпусе внешнюю часть кнопки или выключателя. В силу малых габаритов кнопки, ее не стоит особо вырисовывать. Корпус кнопки не должен пересекаться с другими внутренними компонентами робота.

Использование кнопки определяется электрической схемой подключения робота, речь о которой пойдет в главе 5.

4.15. Создание пустой печатной платы

Нестандартные бортовые устройства робота необходимо собирать на печатной плате из электронных компонентов. В частности, речь идет о контроллере управления двигателями.

Для создания пустой печатной платы используется инструмент «Печатная плата» с панели RobSim5 (Рис. 31).

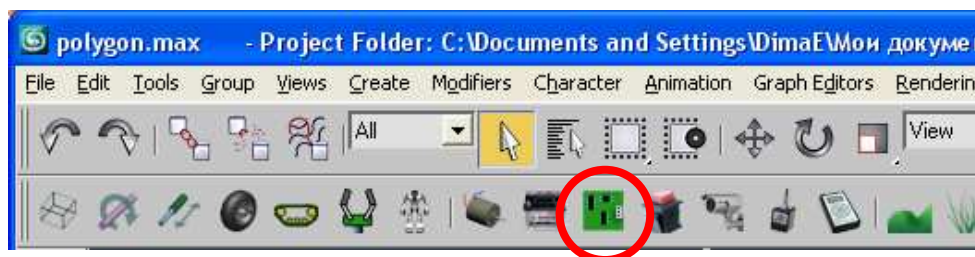


Рис. 31 Инструмент «Кнопка» на панели RobSim5

При установке объекта на робота появляется печатная плата по умолчанию размером 10x10 см. В параметрах объекта «Печатная плата» пользователь может изменить этот размер.

Пустую печатную плату необходимо расположить внутри корпуса робота так, чтобы она не пересекалась с другими компонентами робота.

Использование печатной платы и размещение на ней компонентов определяется электрической схемой подключения робота, речь о которой пойдет в главе 5.

4.16. Создание захватного устройства робота

Dyn-Soft RobSim 5 моделируя физику взаимодействия объектов сцены, не различает столкновения, приводящие к

расталкиванию объектов, и плотного зажима объектов (захвата). Поэтому для обозначения хватного устройства существуют специальные инструменты.

Захватное устройство робота состоит, как минимум из двух зажимов (пальцев), для создания которых используется специальный объект «Палец», расположенный на панели компонентов RobSim5 (Рис. 32).

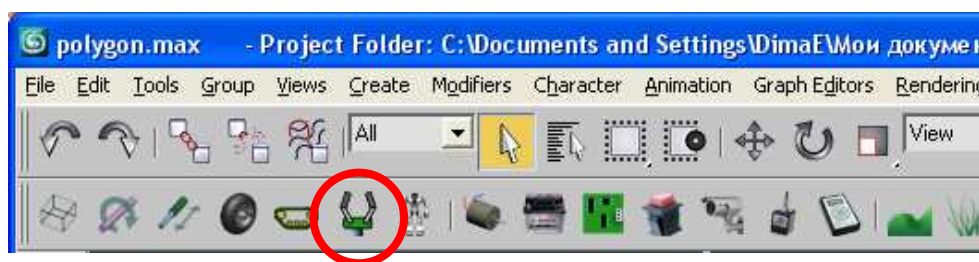


Рис. 32 Инструмент «Палец» на панели RobSim5

Данный инструмент создает объект «Палец». В параметрах данного объекта можно выставить его длину.

Объект «Палец» необходимо расположить вдоль зажимов хватного устройства и привязать с помощью инструмента «Select And Link» к этим зажимам (Рис. 33).

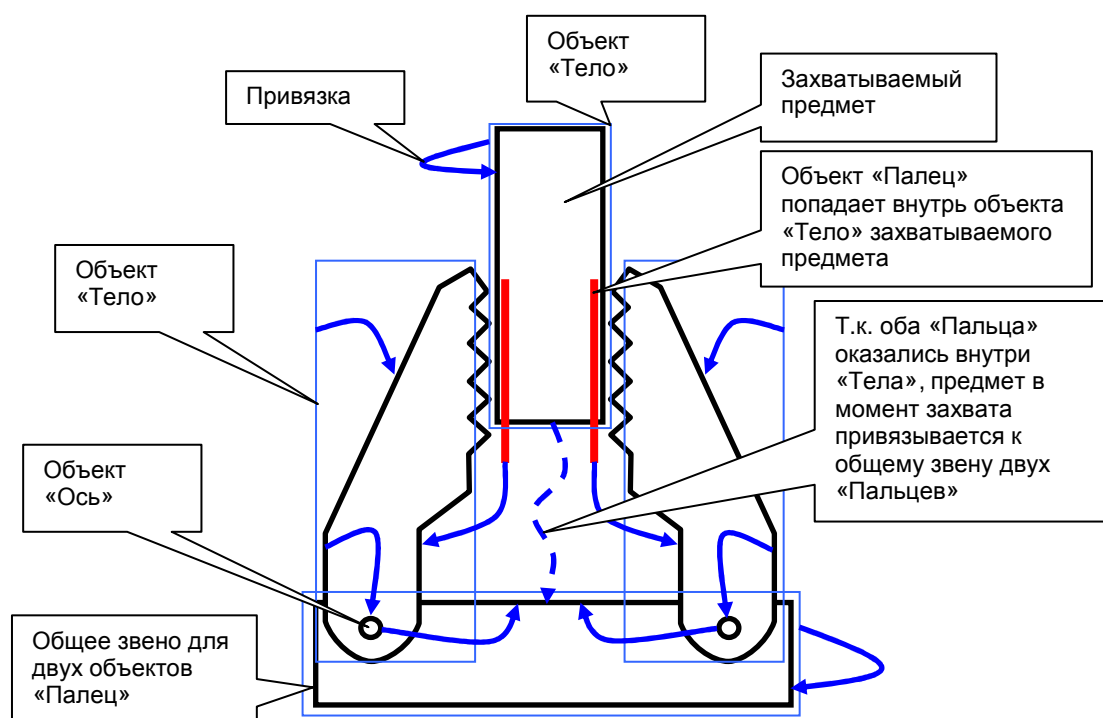


Рис. 33 Схема работы объектов «Палец»

Захват может производиться только тех предметов, которые являются самостоятельными динамическими моделями.

В процессе работы, как только два объекта «Палец» попадают внутрь объекта «Тело» захватываемого предмета, то производится его захват. При этом производится поиск ближайшего общего звена для двух объектов «Палец», попавших внутрь захватываемого предмета. Захватываемый объект привязывается к найденному общему звену и становится его частью.

Если хотя бы один объект «Палец» выходит за пределы захваченного предмета, то предмет вновь становится самостоятельной моделью сцены.

4.17. Экспорт работа

Перед экспортом необходимо сохранить работа в МАХ-файл. Для экспорта необходимо выбрать пункт меню «File | Экспорт работа в z3D». Путь для экспорта выбирается автоматически, название файла совпадает с названием МАХ-файла.

5. Разработка схемы работа

5.1. Открытие редактора схем и подключений

Для разработки схемы работа необходимо нажать кнопку «Схема» на панели RobSim5 (Рис. 34).



Рис. 34 Кнопка «Схема» на панели RobSim5

При этом открывается редактор схем и подключений, входящий в состав программного комплекса Dyn-Soft RobSim 5 (Рис. 35). С помощью данного редактора необходимо создать подключения оборудования мобильного робота, схему контроллеров управления, интерфейс с пользователем и структурные схемы программного обеспечения для всех ЭВМ и микропроцессоров.

Рекомендуется начать разработку с подключения бортовой ЭВМ.

5.2. Работа с редактором схем и подключений на примере подключения бортовой ЭВМ

В рассматриваемом примере питание робота осуществляется от свинцового аккумулятора DT 1226, который формирует напряжение 12В и имеет емкость 26 А·ч.

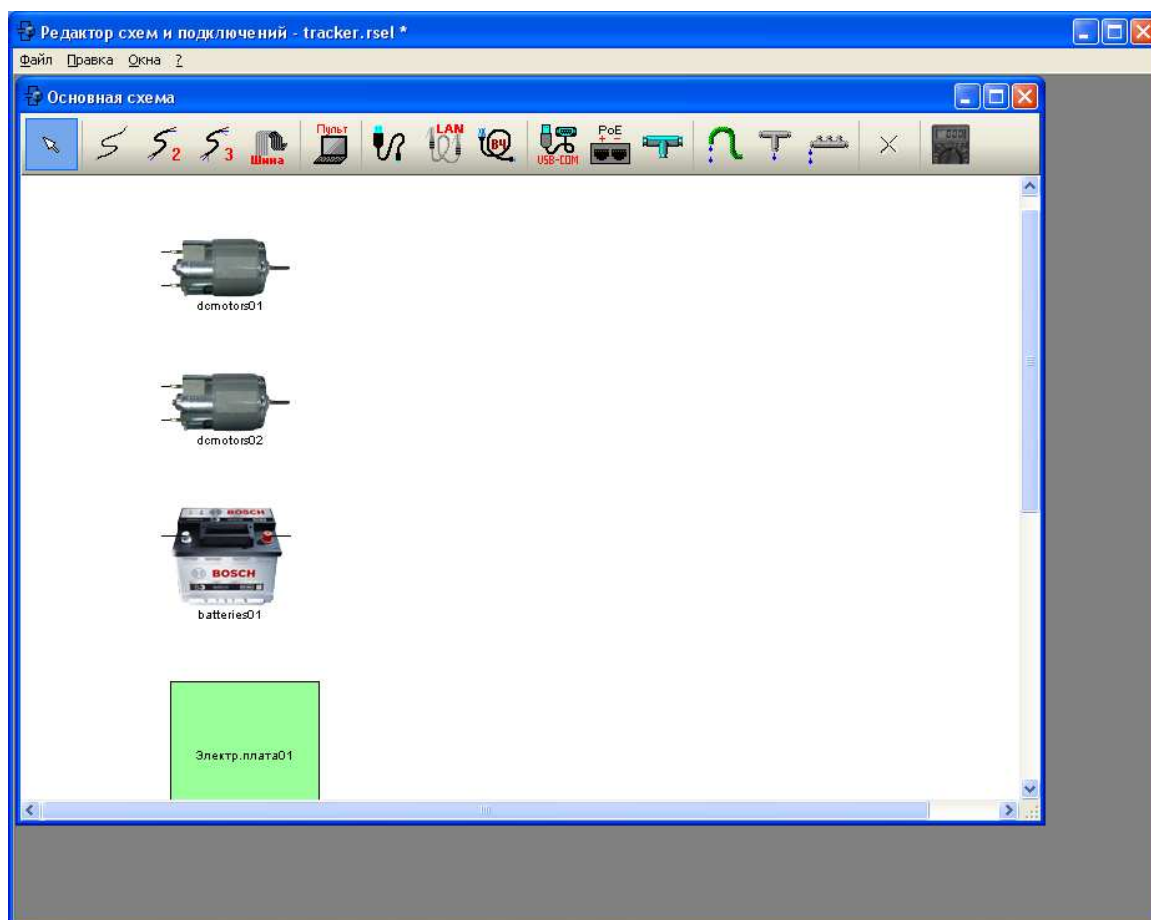


Рис. 35 Внешний вид редактора схем и подключений

В качестве бортовой ЭВМ использовался промышленный контроллер Compulab CM-X300 с SBC-X300, который был установлен на модель робота в 3D Studio MAX. Данный микроконтроллер работает под управлением операционной системы Linux и имеет встроенный диск в виде Flash-накопителя, 1 полноценный COM-порт (RS-232), 2 UART, 3 USB-порта (USB-хост) и встроенный WiFi-модуль (без антенны).

Питание контроллера осуществляется от постоянного напряжения 5В, 0.5 А. Поэтому для подключения контроллера используется внешний DC-DC преобразователь напряжения TEN20-1211 DC/DC, который был установлен на модель робота в 3D Studio MAX. Данный преобразователь формирует выходное напряжение 5В из выходного напряжение 12В, которое подаются с аккумулятора.

Также к бортовой ЭВМ подключается USB-камера и WiFi-антенна, которые также были установлены на модель робота в 3D Studio MAX. Камера, соответственно, подключается к USB-порту бортовой ЭВМ, а антенна к соответствующему разъему контроллера (Рис. 36).

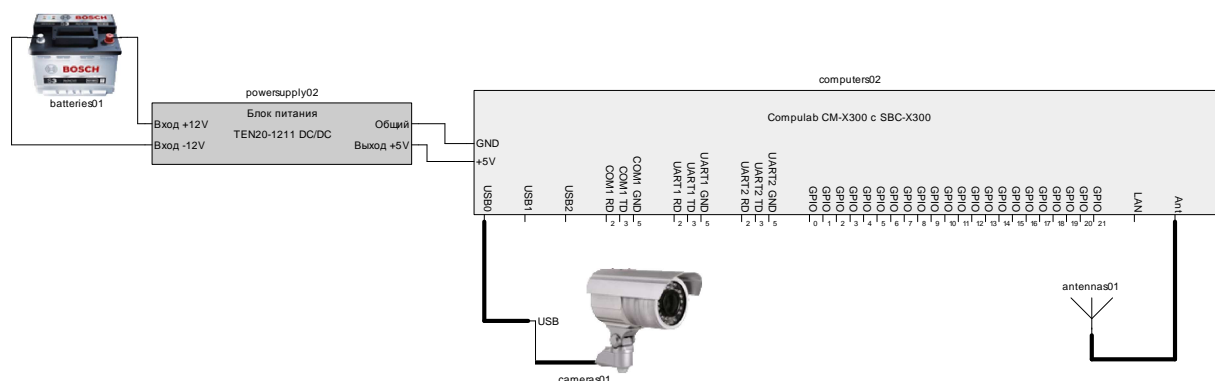


Рис. 36 Начальное подключение бортовых устройств

5.3. Разработка структурной схемы программного обеспечения

Для бортовой ЭВМ необходимо создать программное обеспечение. Для этого необходимо на схеме двойным щелчком

кликнуть по бортовой ЭВМ. При этом открывается редактор структурных схем программного обеспечения (Рис. 37).

Редактор по умолчанию содержит системные блоки, соответствующие аппаратным устройствам бортовой ЭВМ. Удалять эти блоки запрещено. Пользователь может устанавливать на схему блоки из палитры блоков, расположенной в верхней части окна.

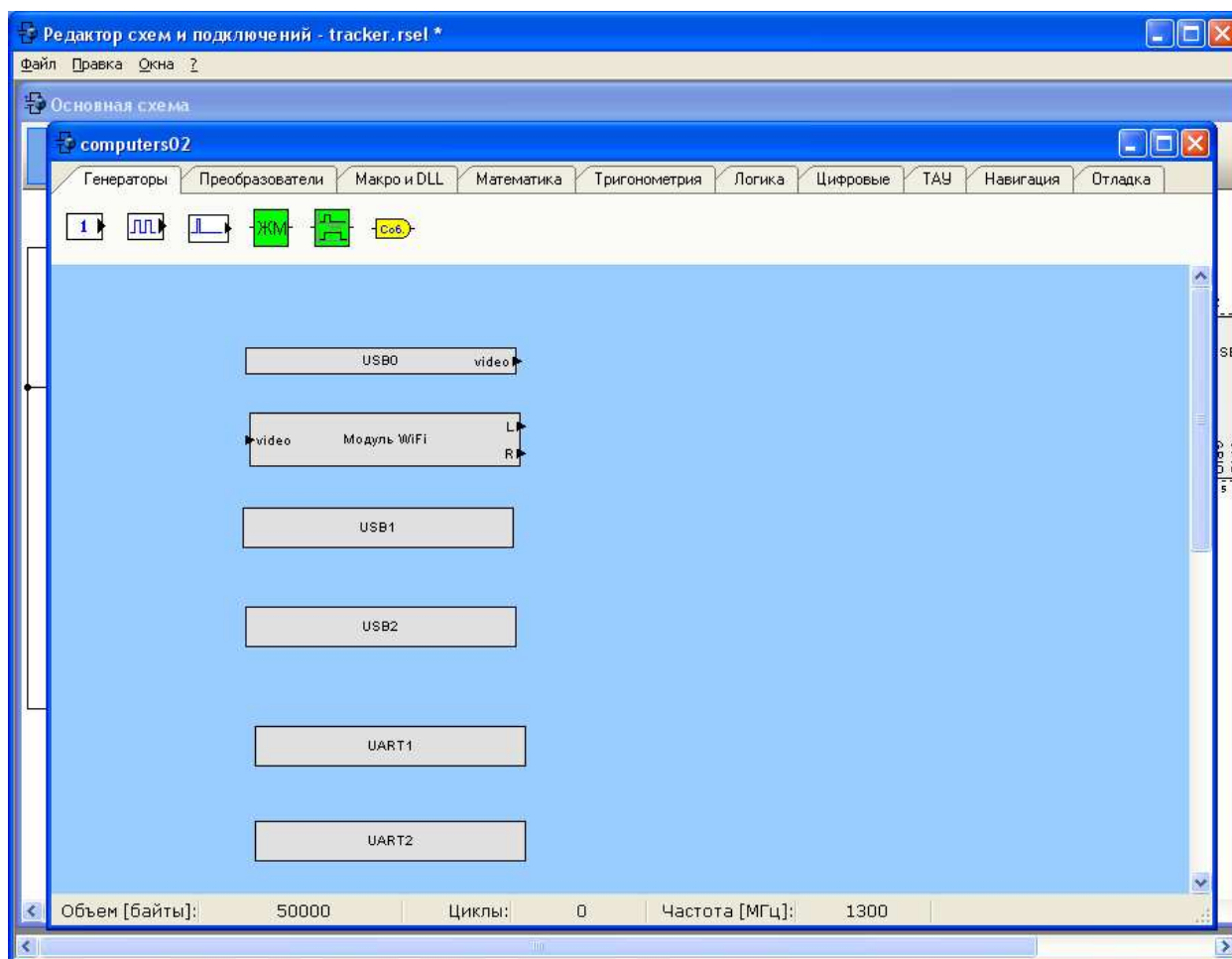


Рис. 37 Внешний вид редактора структурных схем программного обеспечения

Между входами и выходами блоков пользователь прокладывает соединительных линии, показывающие передачу сигналов от блока к блоку.

Для открытия свойств блока необходимо кликнуть по нему двойным щелчком.

Следует особое внимание обращать на типы данных, передаваемые от блока к блоку. Редактор следит за соответствием типов данных и не позволяет соединять несовместимые сигналы. В свойствах некоторых блоков можно изменять тип входных и выходных данных блока. Пользователь также может использовать блок «Преобразователь типов данных» для преобразования одного типа данных в другой.

Кроме того, редактор подсчитывает приблизительное число тактов для выполнения той или иной операции, а также объем памяти для ее выполнения. Это больше актуально для программного обеспечения микропроцессоров, чем для бортовых ЭВМ.

5.4. Тестовое программное обеспечение для бортовой ЭВМ робота

Для проверки работы бортовой ЭВМ рекомендуется создать для нее элементарную тестовую программу (Рис. 38), состоящую из формирователя меандра и отладочного блока «Вывод на экран». Этот блок выводит сигнал, подаваемый на его вход, на консоль бортовой ЭВМ.



Рис. 38 Структурная схема тестовой программы для бортовой ЭВМ

Естественно, у бортовой ЭВМ нет экрана, однако в операционной системе Linux консоль может быть перенаправлена в SSH-терминал, на который можно зайти по сети из-под Windows с помощью программы PuTTY. В Dyn-Soft RobSim 5 данный процесс эмулируется в виртуальной среде моделирования.

Для проверки работы ЭВМ схему необходимо сохранить и запустить робота в среде моделирования Dyn-Soft RobSim 5. При запуске в меню выбирается пункт «Исследования», в соответствующих списке сцен выбирается какая-нибудь сцена

(рекомендуется «Polygon»), а в списке роботов выбирается Ваш робот (по названию файла).

Когда процесс моделирования запущен, то на экране появляется Ваш робот, а в углу экрана иконка измерительного устройства «Т0» (терминал 0). Для открытия иконки консоли необходимо нажать кнопку «Измерительный инструмент» (по умолчанию «U») и выбрать мышкой в левом верхнем углу экрана нужный измерительный инструмент. В данном случае это инструмент «Т0» (терминал 0). (Рис. 39).

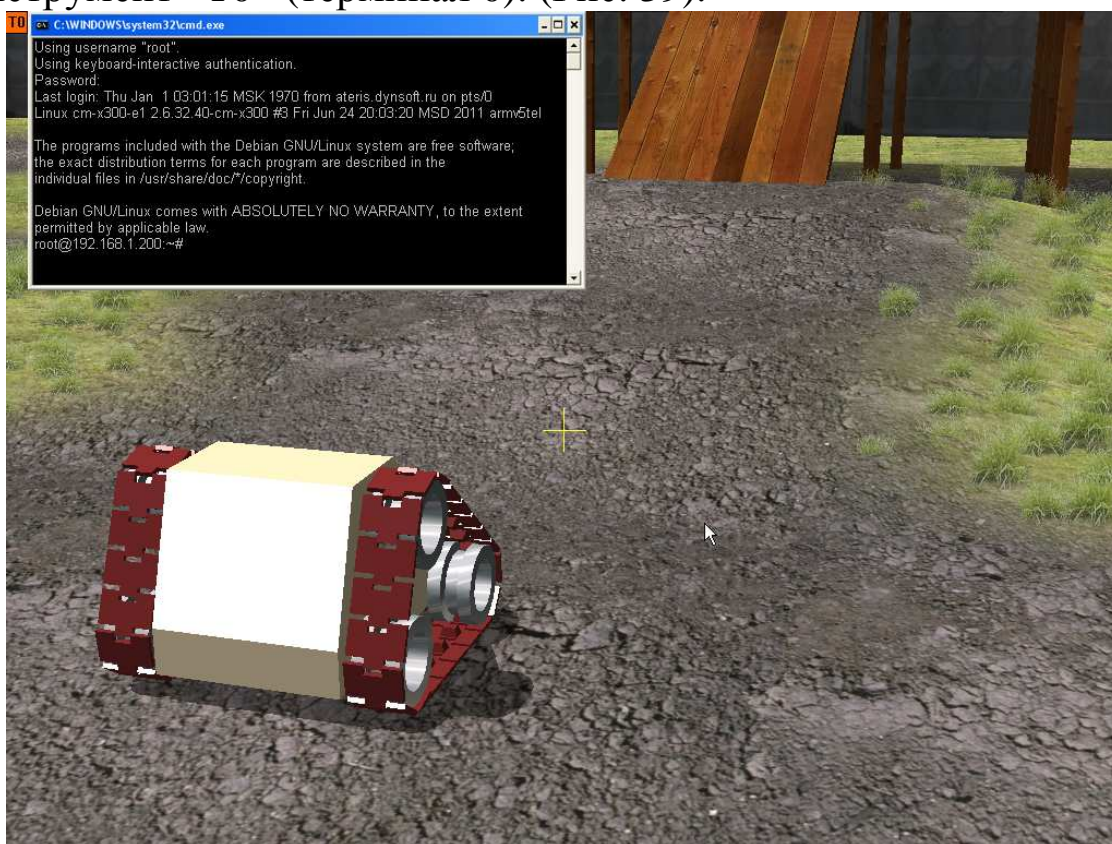


Рис. 39 Консоль бортовой ЭВМ в среде моделирования RobSim 5

Если бортовая ЭВМ запущена, то виртуальный оператор робота сразу же введет пароль (Вам его знать необязательно) и откроется консоль бортового программного обеспечения робота. Если же бортовая ЭВМ не запущена, то виртуальный оператор робота постарается ее «запинговать». Для этого он введет в консоль команду «ping» с соответствующими параметрами и будет ожидать ответа от ЭВМ, пока она либо не загрузится, либо не будет закрыта консоль.

Иногда следует подождать загрузки бортовой ЭВМ (в параметрах бортовой ЭВМ указано время ее загрузки). Если спустя время загрузки бортовая ЭВМ не отвечает на команду «ring», следовательно, она неправильно подключена.

В Dyn-Soft RobSim 5 существует следующее допущение: считается, что перед началом моделирования робот находился в начальном состоянии около получаса. Поэтому, если в работе не предусмотрено выключателя питания, то бортовая ЭВМ должна к моменту начала моделирования быть запущенной (если выдержала батарея питания).

Если же для работы ЭВМ необходимо включить выключатель, то этот выключатель необходимо переключить в рабочее состояние. Для этого необходимо сначала виртуальным оператором подойти к роботу (мышка + клавиши «Вперед», «Назад», «Стрейф влево», «Стрейф вправо», по умолчанию «W», «S», «A», «D»), навести экранный крестик на кнопку включения (при необходимости присесть, по умолчанию «X») и нажать кнопку «Использовать» (по умолчанию «E»).

Если бортовая ЭВМ запустилась, то в результате работы программы, показанной на Рис. 38, будет выведенная на консоль строка «out1: x », где x – цифра, изменяющаяся с 0 на 1 с периодом 1000 мс (период формирователя меандра в тестовой программе) (Рис. 40).

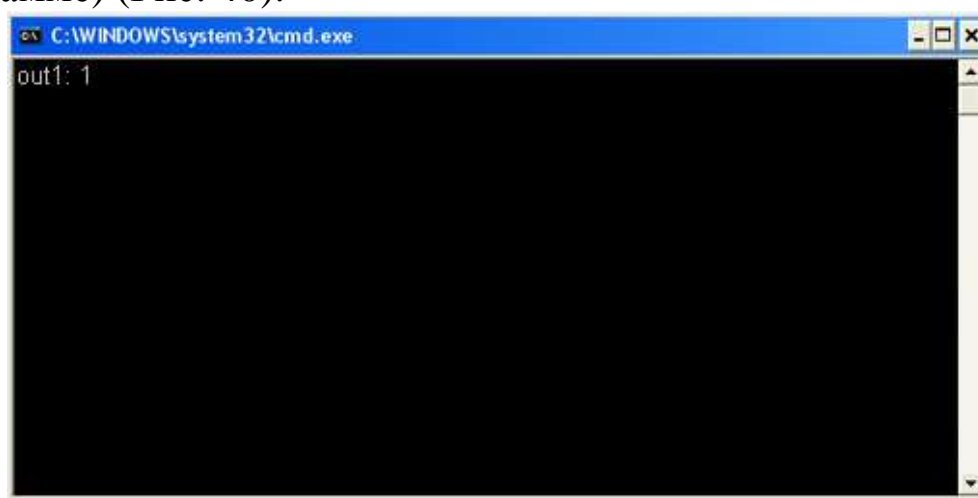


Рис. 40 Внешний вид консоли тестовой программы для робота

6. Разработка пульта управления роботом

6.1. Создание пульта управления роботом

В Dyn-Soft RobSim 5 в качестве пульта управления используется персональный компьютер (ноутбук). С появлением недорогих ноутбуков отпала необходимость создания механических пультов управления, в то время как виртуальный пульт управления на экране компьютера обладает рядом преимуществ по сравнению с механическим пультом:

- гибкость настройки;
- простота разработки;
- возможность использования динамических подсказок;
- надежность;
- возможность быстрой замены.

Пульт управления в редакторе схем и подключений в Dyn-Soft RobSim 5 устанавливается на схему с помощью специального блока (Рис. 41). Пульт управления робота может быть только один.

После установки блока на схему в него необходимо войти, сделав по нему двойной щелчок мыши. При этом открывается редактор аппаратных устройств пульта управления Рис. 42.

С помощью данного редактора к ноутбуку, который является основным элементом пульта, можно подключить внешний WiFi-роутер, аккумулятор, сетевой адаптер и прочую аппаратуру.

Однако если управление роботом производится на небольшом расстоянии от оператора, то для связи с роботом можно использовать встроенный WiFi-модуль ноутбука.

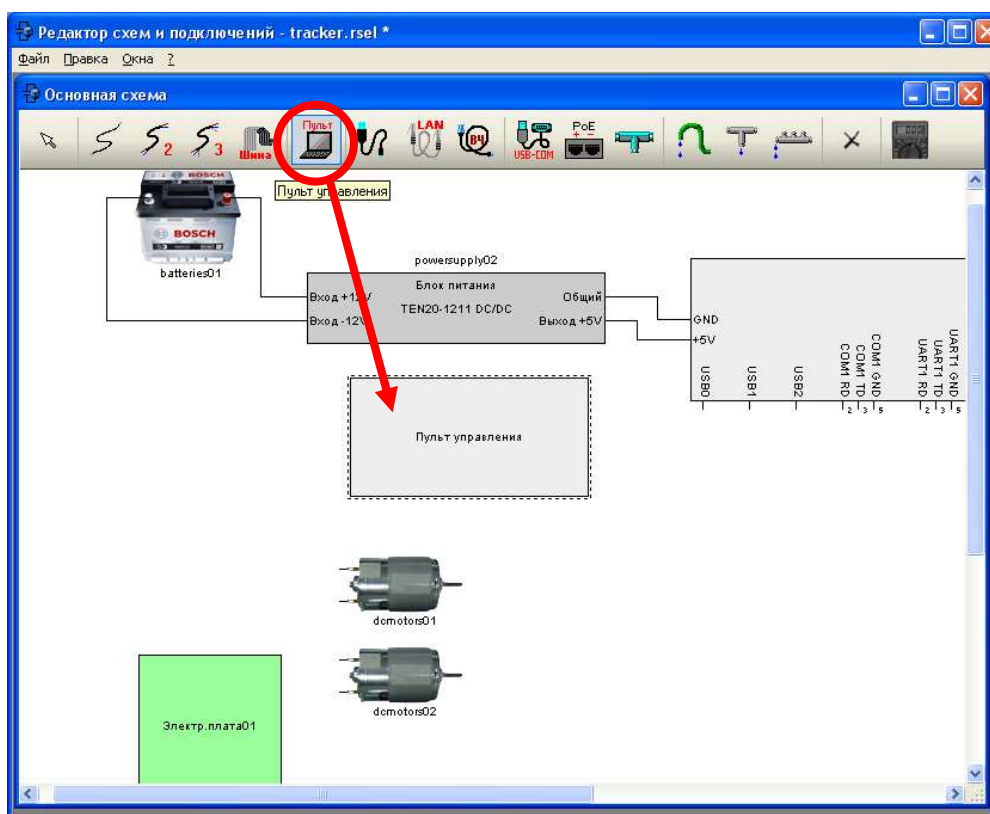


Рис. 41 Иллюстрация установки на схему пульта управления

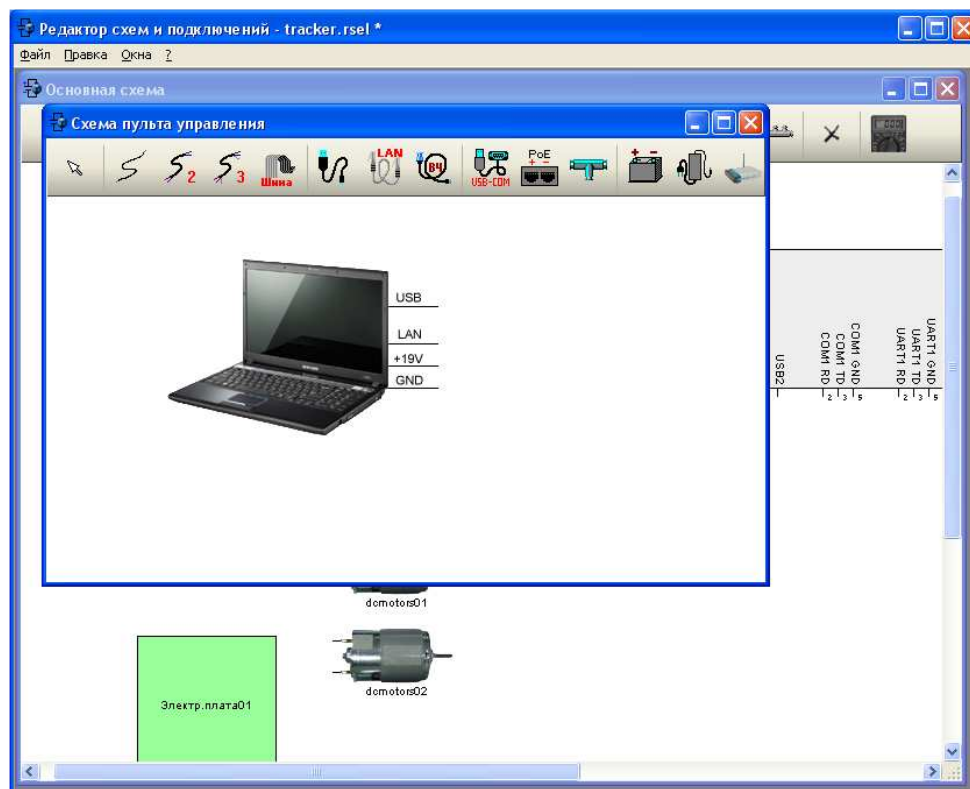


Рис. 42 Внешний вид редактора аппаратных устройств пульта управления

6.2. Разработка интерфейса с пользователем

Для ноутбука, входящего в состав пульта управления, необходимо разработать программное обеспечение с помощью редактора структурных схем. Для этого в ноутбук необходимо войти двойным щелчком. При этом открывается редактор структурных схем его программного обеспечения (Рис. 43). Использование данного редактора описывалось в разделе 5.3.

Разработку программного обеспечения пульта управления, как и для реального робота, рекомендуется начать с разработки пользовательского интерфейса. Для этого необходимо двойным щелчком войти в блок «Интерфейс с пользователем». При этом открывается редактор интерфейса с пользователем (Рис. 44).

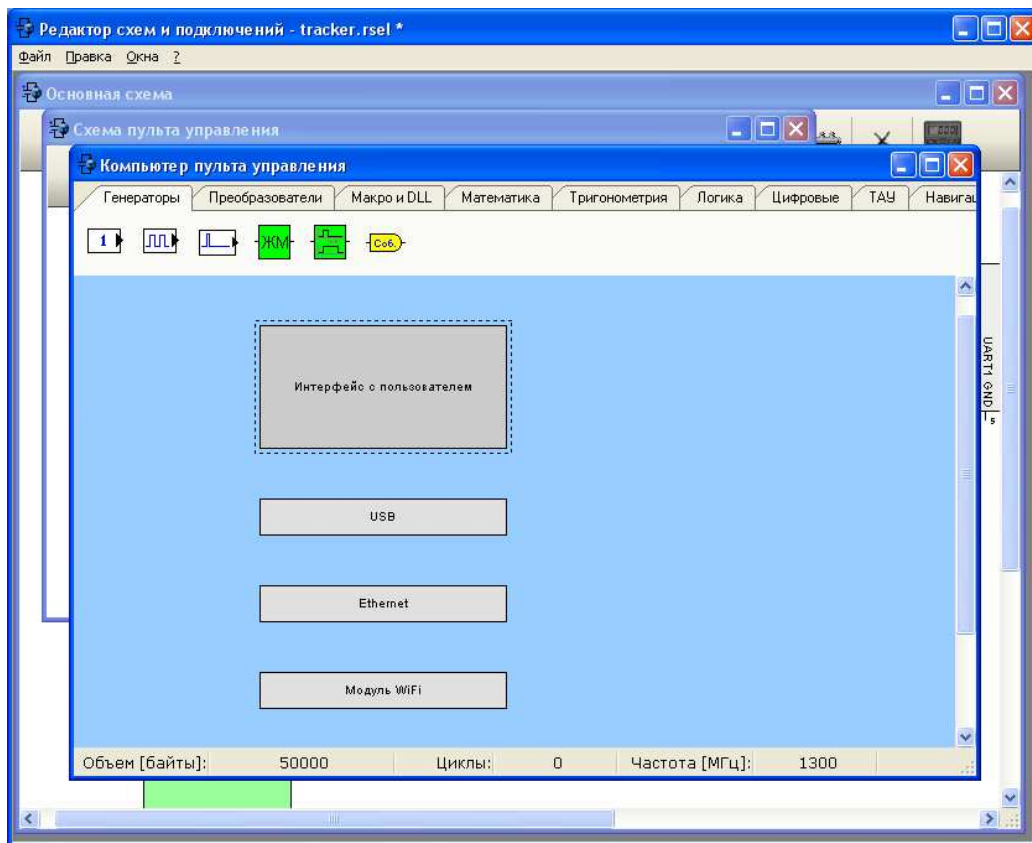


Рис. 43 Внешний вид редактора структурных схем программного обеспечения пульта управления

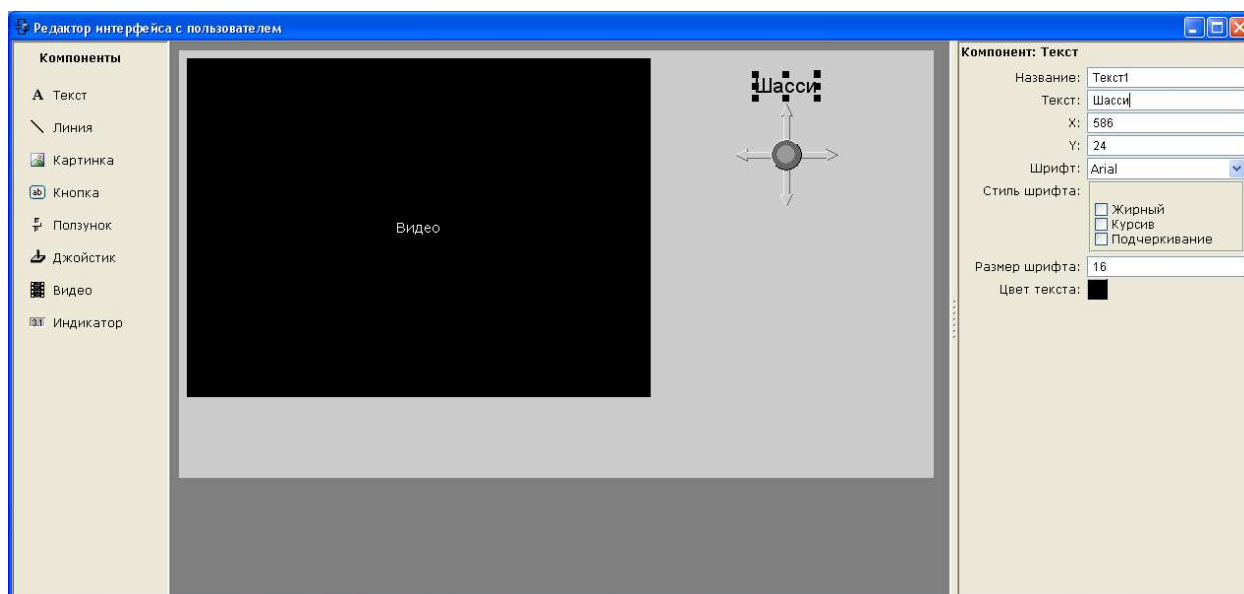


Рис. 44 Внешний вид редактора интерфейса с пользователем

С помощью редактора интерфейса с пользователем необходимо разработать внешний вид пользовательского интерфейса. Сборка пользовательского интерфейса производится из визуальных компонентов, расположенных на левой панели. На правой панели располагается панель свойств компонента.

Важным свойством всех компонентов является поле «Название». Под данным названием компонент будет представлен на структурной схеме программного обеспечения.

Для управления роботом удобно использовать джойстики и кнопки. При необходимости пользователь может установить на пульт управления какой-либо рисунок, сделать надпись или нарисовать линию. Для отображения состояния робота удобно использовать блок «Индикатор», представляющий собой цифровой индикатор сигнала.

Органы управления, установленные в редакторе интерфейса с пользователем, отображаются в редакторе структурных схем программного обеспечения в виде соответствующих блоков, входы и выходы с которых необходимо использовать при разработке структурной схемы программного обеспечения пульта управления.

6.3. Настройка устройств связи

Рассмотрим пример настройки устройства передачи данных на примере модуля WiFi.

В настройках устройства передачи данных необходимо определить протокол связи, задавая перечень передаваемых и принимаемых параметров (Рис. 45).

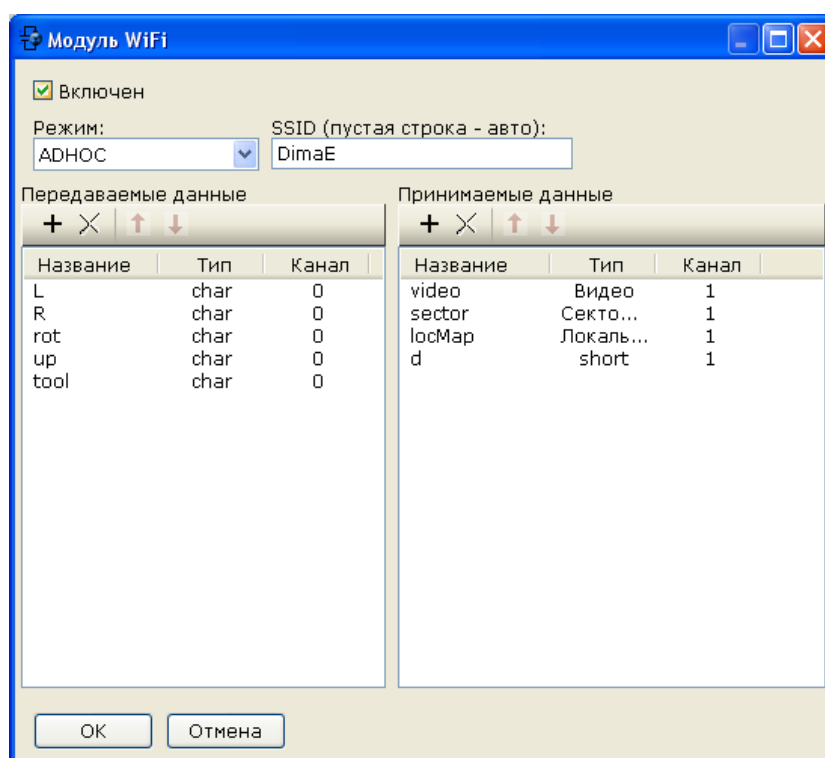


Рис. 45 Внешний вид типового редактора настройки устройства передачи данных

Параметры можно добавлять кнопкой «+» и удалять кнопкой «X», а также сортировать кнопками «↑» и «↓».

У каждого параметра есть название, тип данных и канал. Изменить их можно, кликнув двойным щелчком по названию параметра в таблице.

Под каждый передаваемый параметр у блока связи формируется вход. Под каждый выходной параметр – выход.

Название параметра – определяет название входа или выхода из блока. При передаче данных название параметра не имеет никакого значения.

Тип данных – определяет тип данных передаваемого или принимаемого параметра. Тип данных передаваемых и принимаемых параметров должен быть идентичен.

Канал – определяет канал передачи данных. При обмене данными через сети общего доступа номер канала определяет, какому устройству адресованы данные. Передатчик передает параметр в общую линию связи с неким номером канала. Все устройства, которые читают из данной линии, могут прочитать данный параметр, указав тот же номер канала у принимаемого параметра.

При обмене данными необходимо соблюдать порядок следования данных и типы данных на каждом канале. Соответствие передаваемых и принимаемых параметров эмитирует процесс согласование протоколов.

Путем установки номера канала можно организовать передачу одного параметра только одному устройству, одного параметра нескольким устройствам, а также сбор данных от нескольких устройств.

Для передачи параметра только одному устройству необходимо у этого параметра в передатчике и приемнике установить уникальный канал передачи данных.

Для передачи одного параметра нескольким устройствам необходимо установить во всех приемных устройствах тот же канал передачи данных, что и канал передачи параметра в передатчике.

Для приема параметров от различных устройств необходимо установить приемных канал так, чтобы он соответствовал каналу в передающем устройстве.

Для предотвращения передачи параметров самому себе, необходимо создавать разный номер канала для передаваемых и принимаемых данных. Данное ограничение не касается тех физических каналов передачи данных, в которых линия передачи и приема данных не пересекаются (например, в каналах передачи данных по RS-232 или RS-485, в которых используется полудуплексный режим).

Процесс передачи данных проиллюстрирован на Рис. 46.

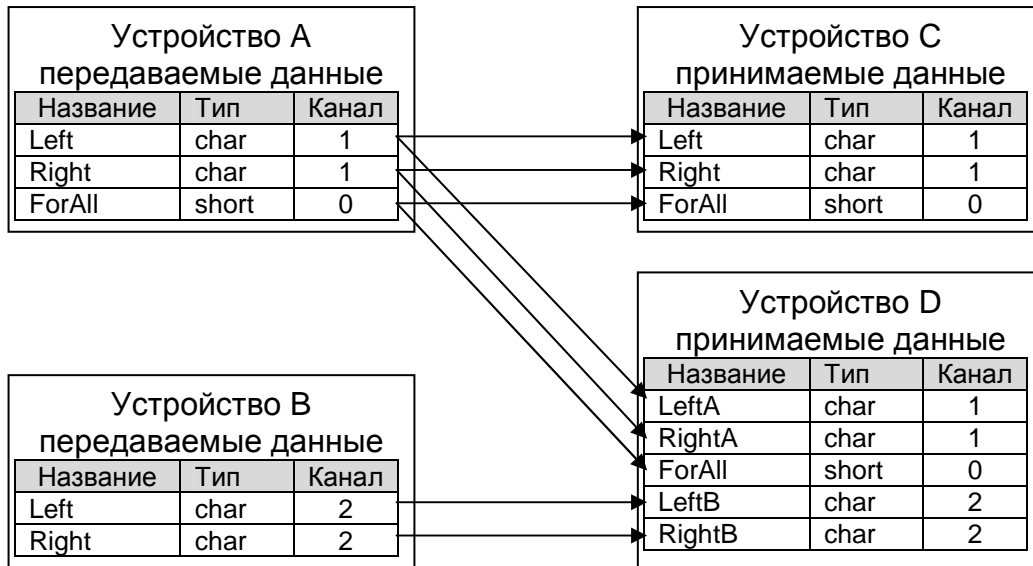


Рис. 46 Иллюстрация процесса передачи данных между устройствами связи по сетям общего доступа в Dyn-Soft RobSim 5

6.4. Создание структурной схемы программного обеспечения пульта управления

Самым простым способом организации связи с бортовой ЭВМ робота является WiFi-соединение в режиме «точка-точка» (ADHOC). Для этого необходимо специальным образом настроить блок WiFi-входящий в состав аппаратных средств ноутбука, используемого в качестве пульта управления.

В настройках WiFi-модуля необходимо включить WiFi-модуль, установить на нем режим ADHOC и задать SSID – имя WiFi-сети. В режиме ADHOC устройства, имеющие одинаковые SSID, соединяются друг с другом (для организации связи на уровне TCP/IP необходимо также, чтобы устройства были в одной подсети, однако Dyn-Soft RobSim 5 абстрагируется от настройки TCP/IP).

Настройка WiFi-модуля проиллюстрирована на Рис. 47. Про настройки протокола обмена подробно описано в разделе 6.3.

В рассматриваемом примере предлагается передавать с пульта управления на бортовую ЭВМ скорость левой и правой гусеницы робота (в виде типа данных char, изменяемого от -127

до +127), а принимать с бортовой ЭВМ видеоданные с бортовой видеокамеры.

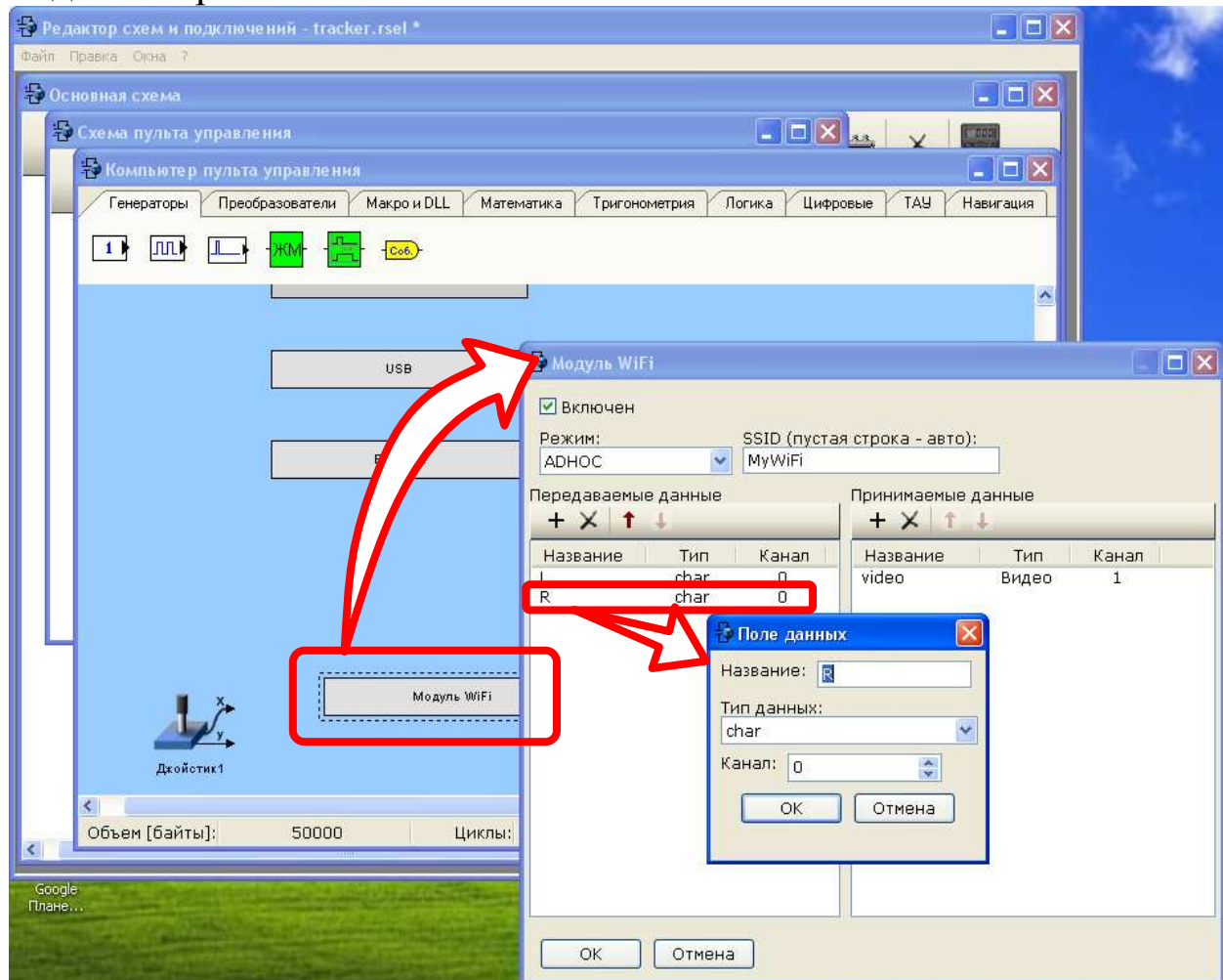


Рис. 47 Иллюстрация настройки WiFi-модуля пульта управления

Для управления шасси в рассматриваемом примере используется джойстик, который был установлен в редакторе интерфейса с пользователем. Джойстик формирует по осям X и Y сигнал типа float, изменяемый от -1 до 1 (настраивается в редакторе интерфейса с пользователем).

Для формирования скорости левой и правой гусеницы удобно использовать блок «Пересчет координат джойстика в сигнал для левого и правого привода» (Рис. 48). Блок принимает сигнал X и Y от джойстика (тип float), изменяемый от -1 до +1, и пересчитывает его в сигнал левого и правого борта (тип char), изменяемый от -127 до +127, по формулам:

$$L_1 = (y + x) \cdot 127$$

$$R_1 = (y - x) \cdot 127$$

$$L = \begin{cases} L_1 & , \text{если } -127 \leq L_1 \leq 127 \\ 127 & , \text{если } L_1 > 127 \\ -127 & , \text{если } L_1 < -127 \end{cases}$$

$$R = \begin{cases} R_1 & , \text{если } -127 \leq R_1 \leq 127 \\ 127 & , \text{если } R_1 > 127 \\ -127 & , \text{если } R_1 < -127 \end{cases}$$

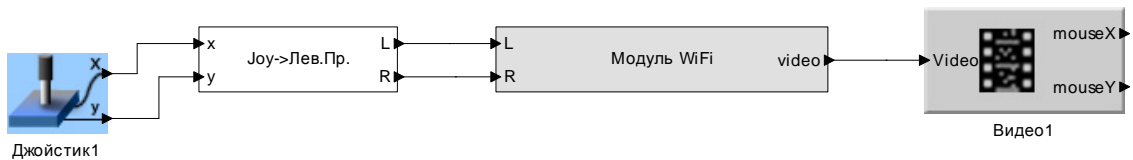


Рис. 48 Пример разработанной структурной схемы программы для бортовой ЭВМ

Данные с блока пересчета координат поступают на модуль WiFi и передаются на бортовую ЭВМ. А видео, принимаемое с модуля WiFi, поступает на блок «Видео1», установленный в редакторе интерфейса с пользователем, и предназначенный для отображения видеоизображения с бортовой телекамеры.

Следует отметить, что видео с телекамеры отображается на пульте управления только тогда, когда панель развернута на весь экран клавишей «Панель на весь экран» (по умолчанию «V»).

6.5. Создание простейшей программы для бортовой ЭВМ

Для бортовой ЭВМ вместо предложенной ранее тестовой программы предлагается собрать структуру более сложного программного обеспечения, которое задействует несколько устройств (Рис. 49).

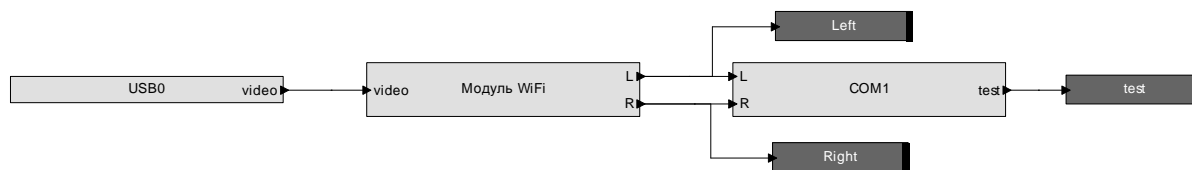


Рис. 49 Структура программы для бортовой ЭВМ

Предлагается в бортовой ЭВМ настроить модуль USB0 для приема видеоизображения с USB-видеокамеры. Для этого в настройках USB0, которое является типовым устройством передачи данных, необходимо ввести принимаемый параметр типа «Видео» по каналу 0. Про настройки устройства передачи данных подробно описано в разделе 6.3.

Приемный модуль WiFi бортовой ЭВМ предлагается настроить для передачи видеосигнала (типа «Видео») по каналу 1 на пульт управления и для приема сигналов управления левым и правым бортом (типа «char») по каналу 0 от пульта управления. При этом важно не забыть про настройку WiFi соединения – режим ADHOC, SSID должно совпадать с названием сети в пульте управления.

Для отладки рекомендуется вывести значение левого и правого управляющего сигнала в отладочную консоль блоками «Вывод на экран».

Для управления приводами робота необходимо будет собрать плату контроллера, связь с которым будет осуществляться, например, по интерфейсу RS-232 (COM-порт).

Для этого модуль «COM1» бортовой ЭВМ конфигурируем для связи с платой управления. Скорость передачи данных, четность и количество стоповых битов, задаваемые в настройке COM-порта, не имеют большого значения, лишь бы они были бы такими же, как в микроконтроллере на будущей плате.

В качестве передаваемых параметров предлагается использовать скорость левого и правого борта (тип char, канал 0), а в качестве принимаемого параметра сигнал test типа char, канал 0 или 1 (канал не имеет значения, т.к. в RS-232 отдельные линии передачи данных, однако при использовании конвертора USB-

RS232 необходимо, чтобы каналы были разные, т.к. «петля» может образоваться в USB).

Значение принимаемого с COM1 сигнала test будет отладочным. Его предлагается вывести на блок «Вывод на экран».

6.6. Проведение испытаний робота с пультом управления

Перед тем как продолжить разработку схемы робота, рекомендуется произвести испытания созданной схемы пульта управления и организации связи с роботом.

Для этого необходимо сохранить схему и запустить процесс моделирования (Рис. 50).

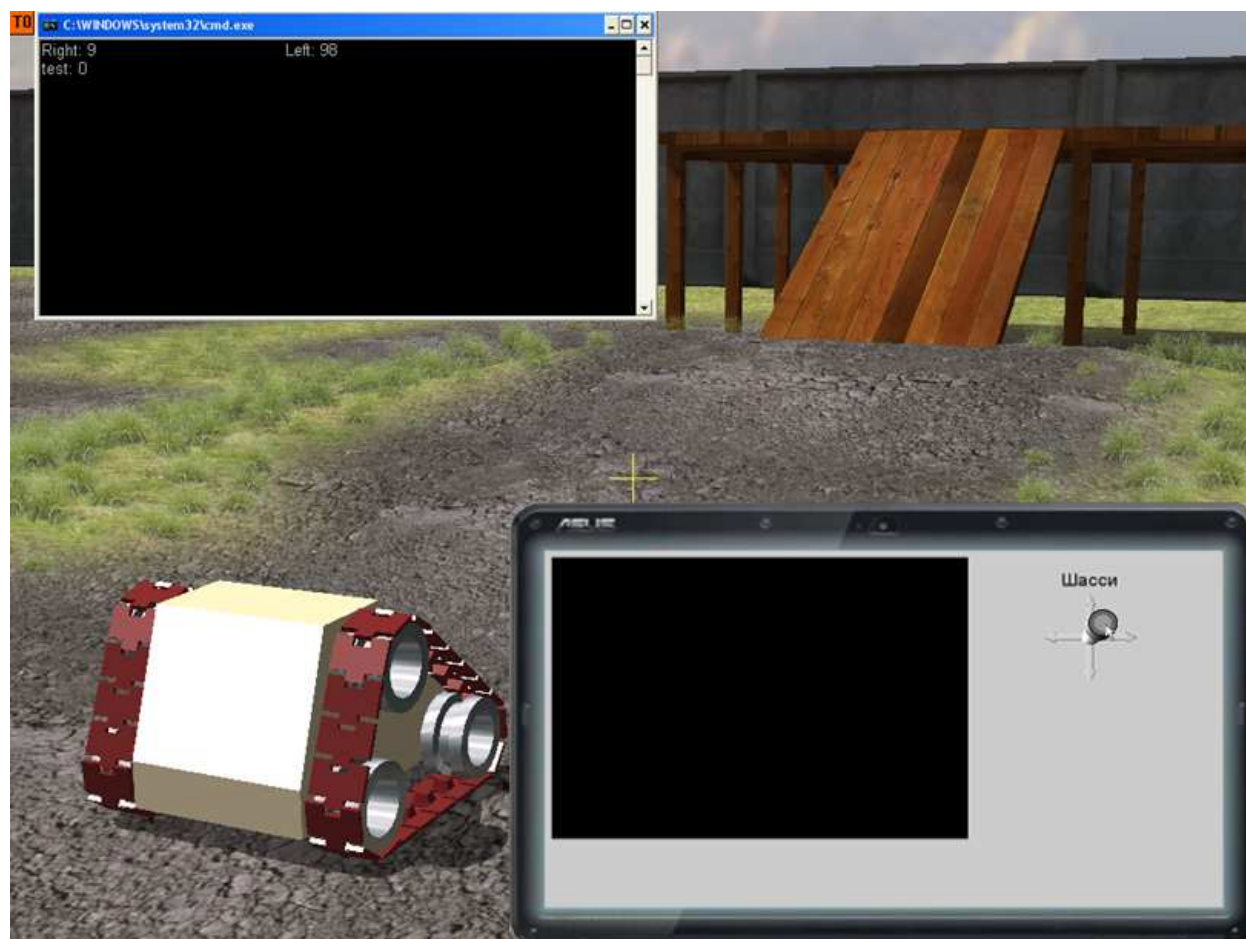


Рис. 50 Иллюстрация экспериментальных исследований работы пульта управления роботом

В отличие от экспериментов, описанных в главе 5.4, на экране будет отображаться пульт управления роботом в виде экрана ноутбука.

Пульт управления по умолчанию отображается в правом нижнем углу экрана. Для его активизации необходимо нажать клавишу «Приблизить панель» (по умолчанию «С»), для возвращения в исходное положение необходимо нажать эту клавишу повторно. При необходимости можно приблизить пульт управления только временно клавишей «Временно приблизить панель» (по умолчанию «Alt»). Панель будет приближена, пока нажата данная клавиша.

Для проверки отображения видео с бортовой видеокамеры пульт управления нужно развернуть на весь экран клавишей «Панель на весь экран» (по умолчанию «V»). Только в этом режиме на экране будет отображаться видео (Рис. 51). Выйти из режима полного экрана можно любой клавишей управления пультом.



Рис. 51 Внешний вид окна пульта управления, развернутого на весь экран с отображением видео с бортовой видеокамеры

Пока активизирована панель управления, мышка работает для управления курсором на панели управления. При неактивной панели управления мышка управляет направлением взгляда виртуального оператора. Поэтому при активизации панели управления рекомендуется выбирать удобные ракурсы взгляда на робота.

Как и в экспериментах, описанных в главе 5.4, активизация отладочной консоли робота производится клавишей «Измерительный инструмент» (по умолчанию «U»). При этом открывается консоль робота.

Сначала следует убедиться в работе бортовой ЭВМ, о чем свидетельствует возможность войти в консоль бортовой ЭВМ (подробно см. главу 5.4). Если бортовая ЭВМ не работает, то продолжать эксперимент не имеет смысла – нужно искать ошибку в схеме.

Если бортовая ЭВМ функционирует, рекомендуется убедиться в наличии связи с роботом по WiFi. Если связь установлена, то при движении джойстика на пульте управления отладочные поля «*Left*» и «*Right*» в консоли робота будут изменяться вслед за движением джойстика. Если связи по WiFi нет, то следует искать причину в настройках WiFi-адаптеров и в схемах их подключения.

Поле «*test*» в консоли временно будет равно 0, т.к. к COM-порту бортовой ЭВМ ничего не подключено.

7. Создание платы контроллера управления двигателями

7.1. Общие сведения

Пустая плата контроллера управления приводами устанавливается в 3D Studio MAX. Там же задаются ее геометрические размеры.

Установленная плата отображается в редакторе схем и подключений Dyn-Soft RobSim 5 (Рис. 52). В настройку платы необходимо зайти двойным щелчком.

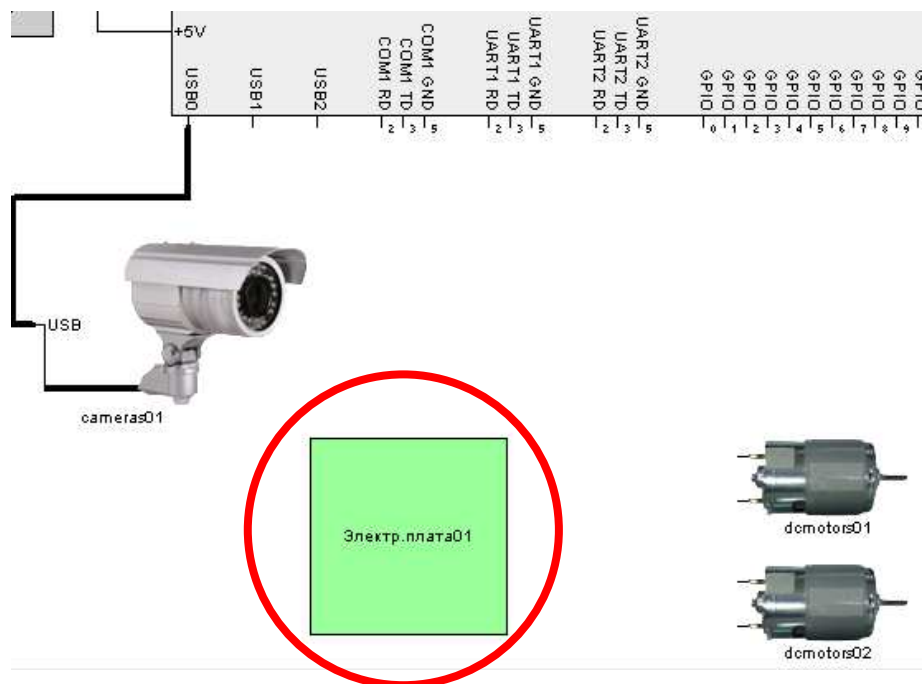


Рис. 52 Печатная плата в редакторе схем и подключений

При этом открывается редактор печатных плат, состоящий из двух закладок «Макет печатной платы» и «Электронная схема» (Рис. 53 и Рис. 54).

Установка и размещение электронных компонентов печатной платы производится на закладке «Макет печатной платы». Установленные компоненты автоматически появляется на принципиально-электрической схеме, расположенной на закладке «Электронная схема».

База данных электронных компонентов сгруппирована по видам компонентов:

- Разъемы.
- DC-DC-преобразователи и источники питания.
- Микропроцессоры.
- Силовые ключи (driver).
- Драйверы интерфейсов:
 - RS-232 (MAX232 и ее разновидности);
 - RS-485/RS-422 (MAX485 и ее разновидности);
 - USB-UART (FT232RL).

- Микросхемы стандартной логики:
 - элементы И-НЕ;
 - элементы ИЛИ-НЕ;
 - элементы И;
 - элементы ИЛИ;
 - элементы НЕ.
- Отдельные электронные компоненты:
 - резисторы;
 - реле;
 - транзисторы биполярные;
 - транзисторы полевые;
 - диоды.

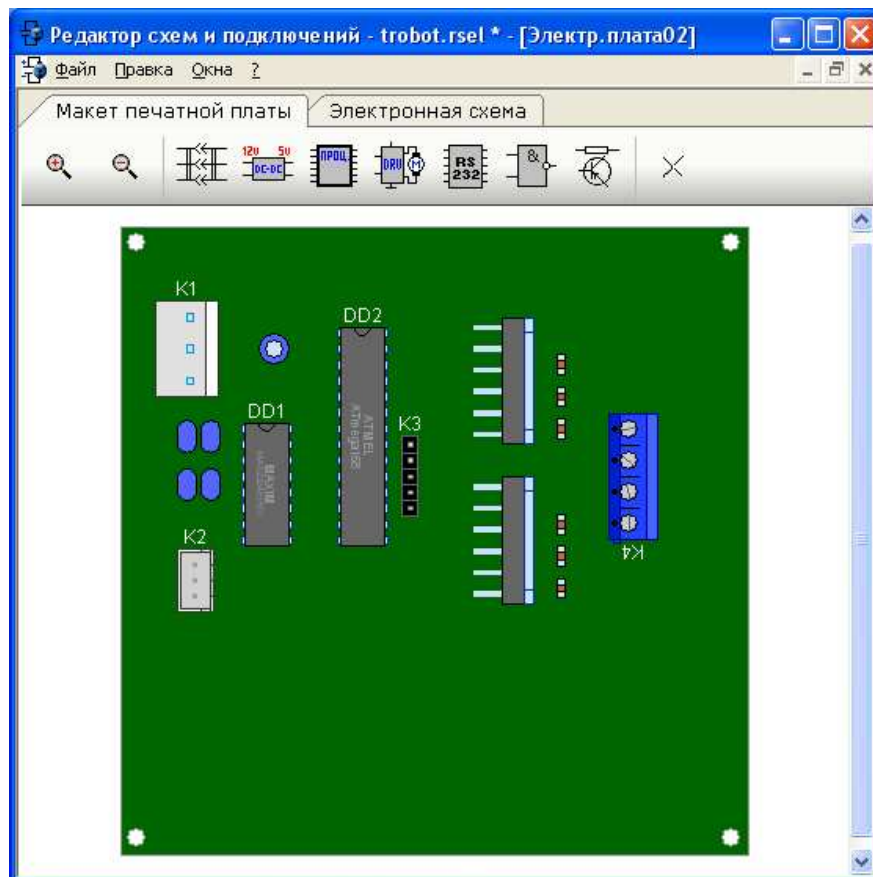


Рис. 53 Внешний вид редактора печатных плат при открытой закладке «Макет печатной платы»

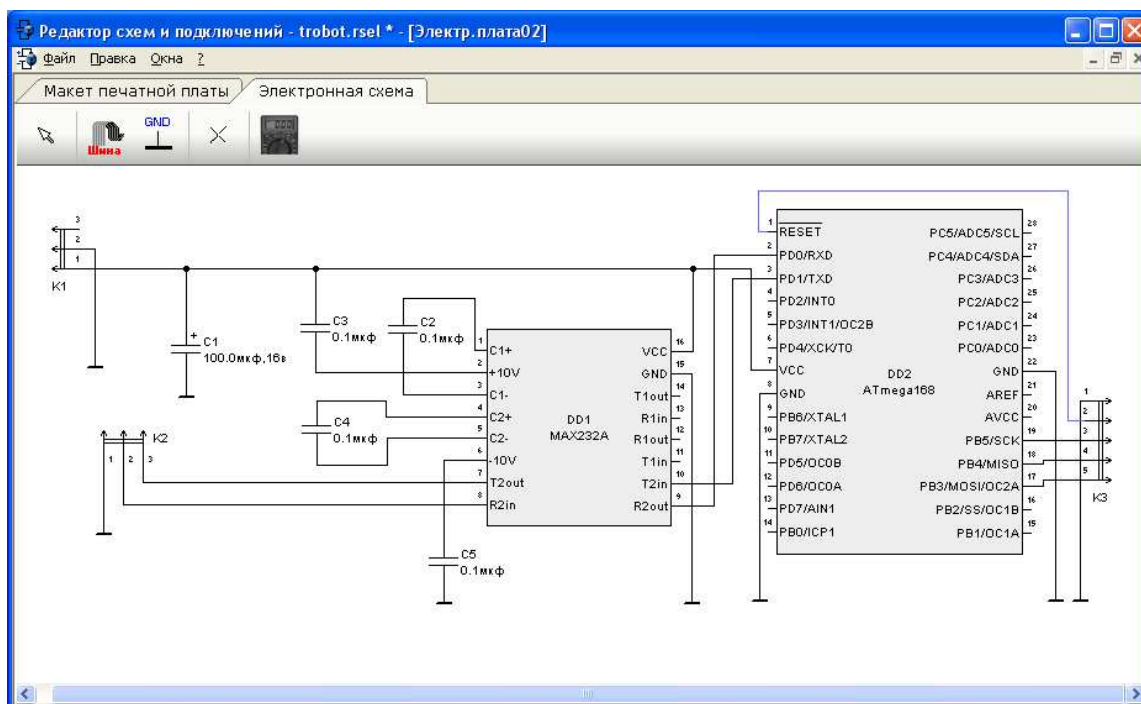


Рис. 54 Внешний вид редактора печатных плат при открытой закладке «Электронная схема»

Следует отметить, что ряд компонентов, такие как конденсаторы, кварцевые генераторы и другие устанавливаются на схему автоматически в согласно схеме подключения той или иной микросхемы. Стандартные обвязки микросхем формируются автоматически и могут быть удалены только вместе с породившей их микросхемой.

7.2. Особенности работы с редактором макетов печатных плат

Для установки компонента из базы данных необходимо выбрать один из видов компонентов, расположенных в виде кнопок на верхней панели редактора (Рис. 55).

При этом открывается окно выбора модели компонента. Здесь можно выбрать несколько типов компонентов, а в каждом виде конкретную модель. При выборе компонента отображается его внешний вид и набор параметров.

Следует обращать внимание на варьируемые параметры компонентов. Так, например, у микропроцессоров можно выбрать тактовую частоту и способ подключения программатора.

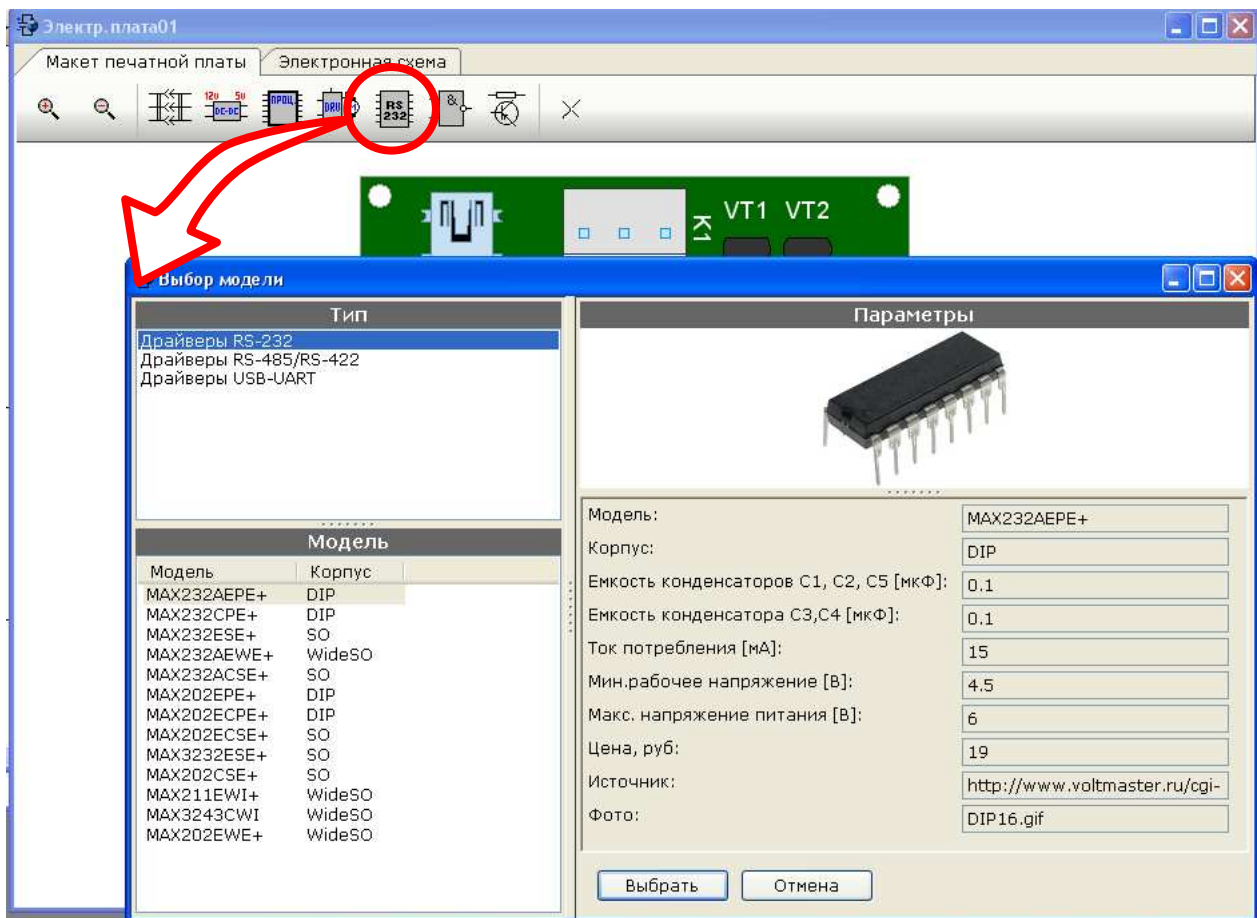


Рис. 55 Выбор компонента из библиотеки электронных компонентов

Подробную информацию об электронном компоненте можно найти в документации, ссылка на которую размещена в окне выбора.

Поле выбора компонента из базы данных компонент необходимо разместить на печатной плате. При этом мышка перемещает компонент по печатной плате до тех пор, пока не будет нажата клавиша мышки. Компонент необходимо расположить его таким образом, чтобы он целиком помещался на печатную плату, не пересекался с уже установленными компонентами, а также имел достаточное место для формирования вокруг него токопроводящих дорожек. Пересечения с запретными для размещения зонами выделяются цветом. При необходимости, изменить ориентацию компонента можно с помощью правой кнопки мыши. Для отказа от установки компонента следует нажать клавишу «ESC» на клавиатуре.

Если компонент уже установлен, то при необходимости левой кнопкой мыши можно выделить один или несколько компонентов печатной платы и перетащить их на другое место. Также при необходимости в момент перетаскивания компоненты можно повернуть правой кнопкой мыши. Поворот также есть во всплывающем меню компонента.

Для удаления выделенных компонентов необходимо нажать клавишу «DELETE», кнопку на панели инструментов или выбрать соответствующий пункт во всплывающем меню компонента.

Компоненты печатной платы, которые были автоматически сгенерированы в качестве обвязки какого-либо другого компонента, не могут быть удалены. Их удаление возможно только путем удаления компонента, который их породил.

7.3. Общие принципы работы с редактором электрических схем

Редактор электрических схем, расположенный на закладке «Электронная схема» аналогичен редактору схем и подключений, за исключением ограниченного набора компонентов на его панели инструментов (Рис. 54).

Из всех возможных компонентов, которые можно разместить на схеме – это провод, шина, «Земля» и мультиметр. Остальные компоненты появляются в редакторе автоматически путем их установки на макет печатной платы.

Важным компонентом печатной платы является элемент «Земля». Некоторые компоненты, которые устанавливаются на печатную плату, автоматически генерируют типовую схему своего подключения, и часть ножек подключаются «земле».

Следует отметить, что «Земля» печатной платы по умолчанию не связана с внешней «землей» всей остальной схемы. Разработчик должен подключать «Землю» печатной платы к внешней «земле» через разъем.

На печатной плате по умолчанию присутствует конденсатор на 100 мкФ. Данный конденсатор рекомендуется подключить между «Землей» и плюсом приборного питания

(Рис. 56) для фильтрации импульсных помех по питанию, приводящих на практике к нестабильной работе микропроцессоров и периодической их перезагрузке.

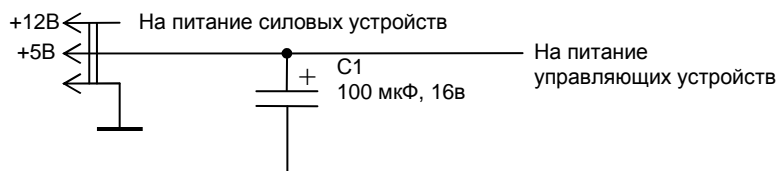


Рис. 56 Подключение конденсатора для приборного питания

Следует отметить, что разрабатываемый контроллер управления коммутирует высокие токи и напряжения, управляющие двигателями, поэтому весьма вероятен риск возникновения импульсных помех по питанию, а также эффекта «просадки земли». Поэтому на практике при разводке печатной рекомендуется применять различные способы борьбы с этими помехами. Во-первых, дорожки питания следует делать как можно шире. Дорожка приборного питания платы рекомендуется сразу после разъема протянуть к ножке конденсатора, а лишь затем тянуть на питание управляющих устройств. Дорожку «земли» лучше всего сделать заливкой как сверху, так и снизу платы, причем важно сделать большое число переходных отверстий, соединяющих верхний и нижний слой «земли».

В редакторе схем и подключений RobSim для соединения компонентов между собой разработчик использует проводники, которые рисуются с помощью мышки.

Для удаления одного или нескольких проводников их необходимо выделить и нажать клавишу «DELETE», кнопку на панели инструментов или использовать пункт во всплывающем меню.

Некоторые проводники, которые были сгенерированы автоматически в качестве обвязки какого-либо компонента, не могут быть удалены. Они удаляются только путем удаления самого компонента, обвязкой которого они являются.

Некоторые компоненты (например, микропроцессоры) имеют набор свойств и редакторы настройки. Для их открытия необходимо кликнуть по компоненту двойным щелчком.

7.4. Особенности микропроцессоров семейства AVR

Микропроцессоры семейства AVR на сегодняшний момент является одними из самых популярных моделей микропроцессоров данного класса.

Достоинство данного семейства микропроцессоров является:

- низкая стоимость (порядка 100 р.);
- высокое быстродействие (до 20 МГц, для примера, первые персональные компьютеры на базе процессора Intel 8086 работали на частоте 4.77 МГц);
- наличие встроенных аппаратных устройств;
- наличие встроенной Flash-памяти для хранения кода программы (Flash-ROM);
- наличие встроенной ОЗУ (RAM);
- наличие программно-доступной энергонезависимой памяти EEPROM;
- наличие UART (COM-порт RS-232 на уровне 5 В);
- процессоры не требуют охлаждения.

Кроме того, микропроцессоры данного семейства самодостаточны: для работы микропроцессора достаточно подать на него питание 5В (в отличие от других семейств микропроцессоров, которые для своей работы требуют подключение внешней памяти, формирование схем сброса и прочей обвязки).

Некоторые модели микропроцессоров семейства AVR способны работать от напряжения от 1,8В до 5В.

Программируются микропроцессоры прямо на плате (в отличие от некоторых других моделей микропроцессоров, для программирования которых приходится извлекать микропроцессор и помещать в программатор).

Микропроцессоры данного семейства поддерживают два способа программирования: через SPI-интерфейс и через JTAG.

Наиболее популярный способ программирования – через SPI-интерфейс. Для программирования микропроцессоров через SPI-интерфейс не требуется специальных программаторов – программатор собирается из 5 проводов подключенных к LPT-порту компьютера (хотя в настоящий момент продаются дорогостоящие программаторы для AVR и множества других микропроцессоров, особой необходимости в которых нет, разве что подключаются они обычно к USB).

Второй способ программирования – через JTAG. Также JTAG-интерфейс позволяет отлаживать программу прямо в микропроцессоре. Недостаток JTAG-интерфейса заключается в том, что для его подключения задействуются особенно ценные выводы микропроцессора, которые впоследствии не могут быть использованы для другого назначения. В отличие от способа программирования через SPI-интерфейс, который задействует ножки микропроцессора только во время программирования; после окончания программирования ножки для подключения программатора могут быть использованы по другому назначению.

В Dун-Soft RobSim 5 при выборе микропроцессора из базы данных предлагается выбрать способ программирования микропроцессора. В зависимости от выбранного способа к микропроцессору автоматически подключается разъем программатора.

По умолчанию микропроцессоры данного семейства работают от встроенного генератора (RC-контура) при тактовой частоте 1 МГц. Для работы на более высоких частотах требуется наличие внешнего кварцевого резонатора и двух конденсаторов (обычно 15пФ).

В Dун-Soft RobSim 5 при выборе микропроцессора из базы данных предлагается выбрать частоту микропроцессора. Если выбирается частота 1 МГц, то микропроцессор формируется на плате без кварцевого резонатора. При выборе более высокой частоты рядом с процессором формируется кварцевый резонатор на выбранную частоту, и, соответственно два конденсатора.

В реальности для создания программного обеспечения для микроконтроллеров семейства AVR используют программный комплекс AVR Studio, бесплатно скачиваемый с сайта www.atmel.com [4]. Для прошивки созданной программы в память микроконтроллера можно использовать простейший SPI-программатор в виде 5 проводов, подключенных к LPT-порту персонального компьютера. Для программирования микропроцессора через такой программатор на персональном компьютере используется бесплатный программный комплекс PonyProg [5].

Для подключения программатора к микропроцессору в Dун-Soft RobSim 5 на плату устанавливается специальный разъем.

7.5. Особенности стандарта передачи данных RS-232 и UART

Обмен данными между бортовой ЭВМ и микропроцессором на плате контроллера удобно осуществлять по интерфейсу RS-232 (COM-порт). Особенности данного интерфейса будут рассмотрены в данной главе.

По стандарту RS-232 (COM-порт) на выходной линии от бортовой ЭВМ последовательно по времени передаются биты по входной или выходной линии. Для обмена данными достаточно 3 проводов:

- канал передачи от бортовой ЭВМ в плату контроллера (контакт 3 стандартного 9 контактного разъема COM-порта DB-9).
- канал приема данных в бортовую ЭВМ от платы контроллера (контакт 2 разъема DB-9).
- «Земля» (контакт 5 разъема DB-9).

Остальные контакты порта используются в служебных целях и при правильной программной настройке контроллера могут не использоваться.

Согласно стандарту используется напряжение -12В (логическая «1») и +12В (логический «0») (Рис. 57, а).

Минимальная порция информации, передаваемая по RS-232 – это 1 байт. При этом если данные не передаются, то в линии сохраняется логическая «1» (-12В). Начало очередного байта синхронизируется передачей стартового бита, всегда равного логическому «0» (+12В). За ним следуют от 5 до 9 бит данных (количество бит определяется настройками СОМ-порта). Обычно, в подавляющем большинстве случаев, используют 8 бит данных. Опционально (в зависимости от настройки), за битами данных следует бит проверки четности (или нечетности, в зависимости от настройки). Обычно бит четности не используют (на приведенных диаграммах его нет). Затем следуют 1, 2 или 1.5 стоповых бита, которые равны логической «1» (-12В). Обычно используют 1 стоповый бит. За стоповым битом начинается передача следующего байта (если он есть). Если же следующего байта нет, то в порту остается уровень логической «1». Время передачи каждого бита данных определяет настройками порта (например, 9600 бит/сек).

Большинство микропроцессоров (в том числе микропроцессоры семейства AVR), поддерживают стандарт RS-232 на аппаратном уровне с точностью до уровня сигнала. Микропроцессоры формируют выходные данные и принимают входные данные на уровне TTL-сигнала, т.е. логический «0» – это 0В (точнее, напряжение менее 2.4В), а логическая «1» – это +5В (точнее, напряжение более 2.4В). Сигнал формата RS-232 на уровне TTL называют UART. Сигнал UART изображен на Рис. 57 (б).

Для согласования напряжений обычно используют микросхему MAX232 или MAX232A различных разновидностей.

В современной электронике сигнал UART может иметь уровень 3.3В.

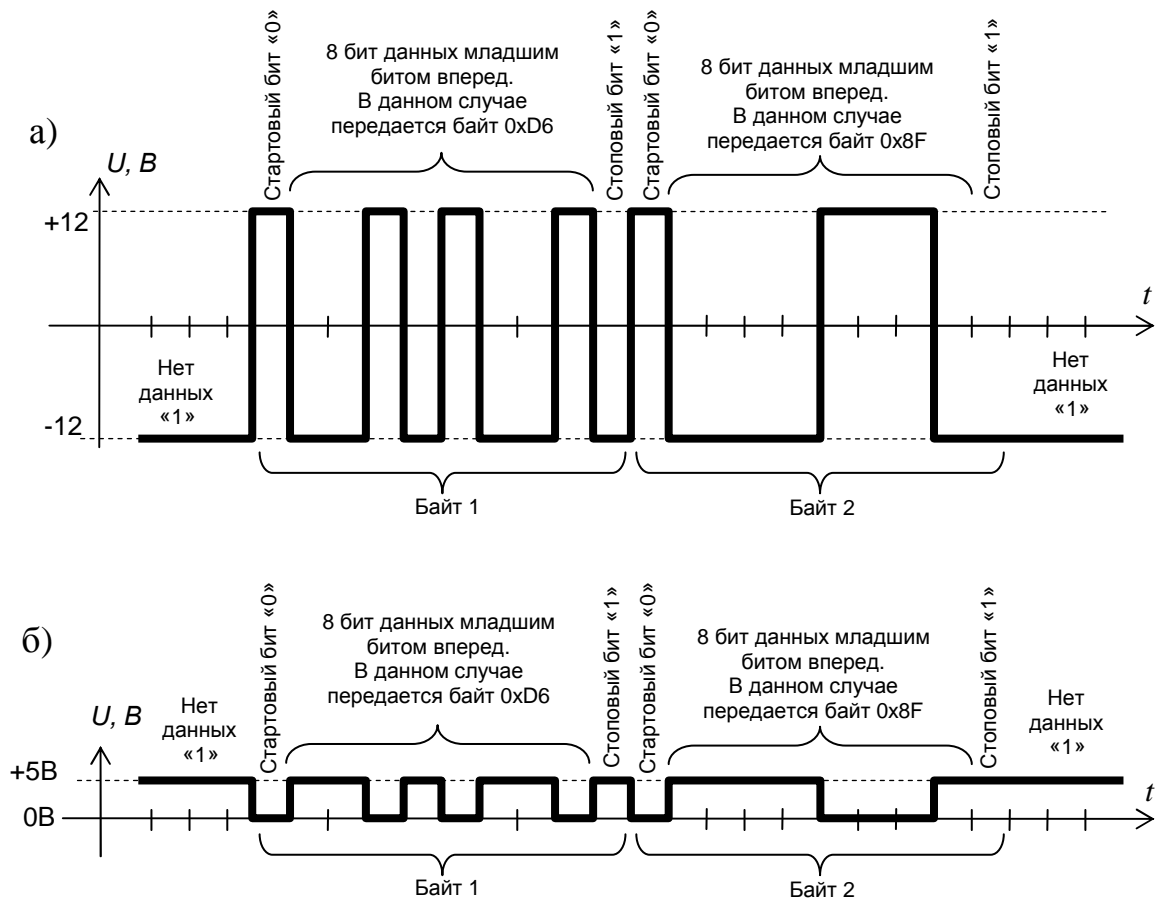


Рис. 57 Диаграмма сигнала стандарта RS-232: а) на уровне RS-232 ($\pm 12\text{В}$); б) на уровне UART TTL ($0\text{В} - 5\text{В}$).

7.6. Простейшая схема контроллера

Плата контроллера управления удобно собрать на базе микропроцессора AVR и драйвера интерфейса RS-232, а также силовых ключей L6203 для управления моторами (ключи будут установлены позже).

Рекомендуется разрабатывать схему постепенно (хотя в реальной жизни это удастся только в случае работы с монтажной платой). Перед разработкой платы, необходимо определиться со способом питания цифровых элементов платы и силовой электроники (ключей). Обычно, для цифровой электроники требуется питание $+5\text{В}$, а для силовых ключей напряжение от $+12\text{В}$.

Если для питания бортовой ЭВМ используется питание 5В, то удобно использовать это напряжение также для питания цифровой электроники на плате контроллера. Если же для питания бортовой ЭВМ используется иное напряжение, то в качестве источника напряжения могут выступать USB-порты бортовой ЭВМ, которые, как известно, формируют питание 5В, 500 мА. Однако использование USB-порта только для питания схемы является не очень красивым решением. Вместо этого рекомендуется установить DC-DC преобразователь из 12В в 5В непосредственно на плате контроллера.

В рассматриваемом примере для питания бортовой ЭВМ используется 5В, которые удобно завести также для питания платы контроллера.

Для начала рекомендуется собрать схему, показанную в окне редактора на Рис. 54. Начать разработку платы контроллера рекомендуется с установки разъемов питания, СОМ-порта и двигателей.

В качестве разъема питания рекомендуется использовать трехконтактный разъем типа MPW или MiniFit, рассчитанные под большие токи. Через него на плату контроллера будут поступать напряжения +12В, «Земля» и +5В.

В качестве разъема для СОМ-порта удобно использовать какой-нибудь небольшой трехконтактный разъем, например, WF или CWF. Через него будет выводиться «Земля», последовательная линия передачи данных и последовательная линия приема данных.

В качестве разъема для двигателей удобно использовать клеммники из расчета по два контакта на двигатель.

Затем на плату предлагается установить микропроцессор.

Предлагается использовать микропроцессор семейства AVR, например, АТМЕГА88, а драйвер интерфейса RS-232 – микросхему МАХ232А (в отличие от МАХ232, для этой микросхемы требуются конденсаторы 0.1 мкФ, которые меньше в размере, чем электролитические конденсаторы в обвязке МАХ232). При установке микропроцессора и МАХ232А их обвязка формируются автоматически.

Драйвер интерфейса RS-232 (микросхема MAX232A) предназначена для преобразования уровня напряжения сигнала СОМ-порта в TTL-уровень напряжения. Микросхеме необходимо подать питание +5В на вывод 16, а также подключить к напряжению питания один из конденсаторов (на Рис. 54 – это конденсатор С2). Выводы 7 и 8, предназначенные для подключения СОМ-порта, с данной микросхемы выводятся через разъем на бортовую ЭВМ. А сигнал уровня TTL (UART) с выводов 9 и 10 подключаются к выводам RXD (RXD0, RXD1) и TXD (TXD0, TXD1) микропроцессора AVR.

При подключении СОМ-порта часто возникает путаница. Важно не перепутать линию приема и линию передачи. Линия от передатчика TD бортовой ЭВМ должна через согласование уровня напряжения прийти на вход RXD микропроцессора, а линия передатчика TXD микропроцессора должна через согласование уровня напряжения прийти на вход RD бортовой ЭВМ. Вывод TXD микропроцессора – это выход передатчика микропроцессора. Вывод RXD – это вход приемника микропроцессора. Входы T1in или T2in микросхемы MAX232 это входы TTL-сигнала с выхода TXD микропроцессора. Выходы R1out или R2out – это выходы TTL-сигнала на вход RXD микропроцессора. Выводы T1out или T2out микросхемы MAX232 это выходы на вход RD СОМ-порта бортовой ЭВМ. Входы R1in или R2in – это входы от вывода TD СОМ-порта бортовой ЭВМ.

Микропроцессор AVR следует подключить к питанию (все выводы VCC, если их несколько, подать на +5В), а также подключить к нему входную и выходную линию UART, идущую на MAX232A так, как было описано выше.

После сбора схемы, изображенной на Рис. 54, можно проводить первые испытания собранного контроллера.

7.7. Создание тестового программного обеспечения для микропроцессора платы контроллера

В Dyn-Soft RobSim 5 для создания программы для микропроцессора достаточно кликнуть по нему двойным щелчком на электрической схеме платы.

При этом открывается редактор структурных схем программного обеспечения, описанный в главе 5.3.

В качестве тестового программного обеспечения предлагается создать программу, которая принимает по UART-порту два числа, производит над ними какую-либо операцию (например, складывает друг с другом) и возвращает обратно по UART.

Как и в реальности, тестовое программное обеспечение, которое просто реализует «эхо» (т.е. прием и отправку обратно тех же данных), не дает разработчику полной уверенности в работе микропроцессора. Дело в том, что эффект «эха» может быть обеспечен либо коротким замыканием линии приема и передачи данных, либо в некоторых случаях, даже обрывом одной из линий – при обрыве одна из линий остается в «воздухе», а высокое входное сопротивление MAX232 обеспечивает эффект наводок на нее сигналов от соседней линии. В результате также иногда возникает эффект «эха». Поэтому, чтобы удостовериться в том, что ответ приходит именно от микропроцессора необходимо реализовать какую-нибудь простейшую логику обработки сигналов, например, сложить два параметра и передать их сумму.

В качестве примера тестовой программы для микропроцессора предлагается собрать схему, изображенную на Рис. 58.

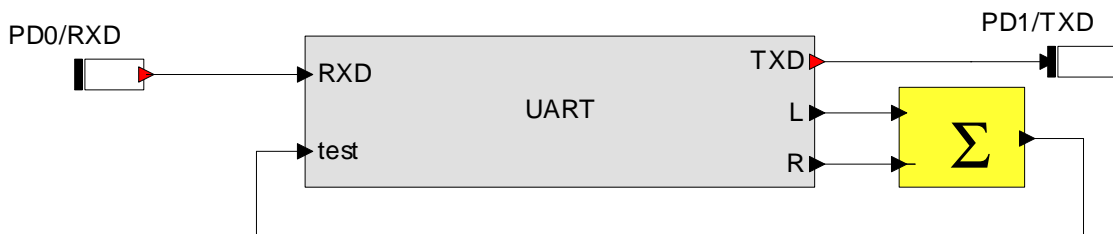


Рис. 58 Структурная схема тестового программного обеспечения для микроконтроллера

В приведенном примере тестового программного обеспечения используется контроллер UART, входящий в состав

аппаратуры микропроцессора. Настройки UART-контроллера показаны на Рис. 59.

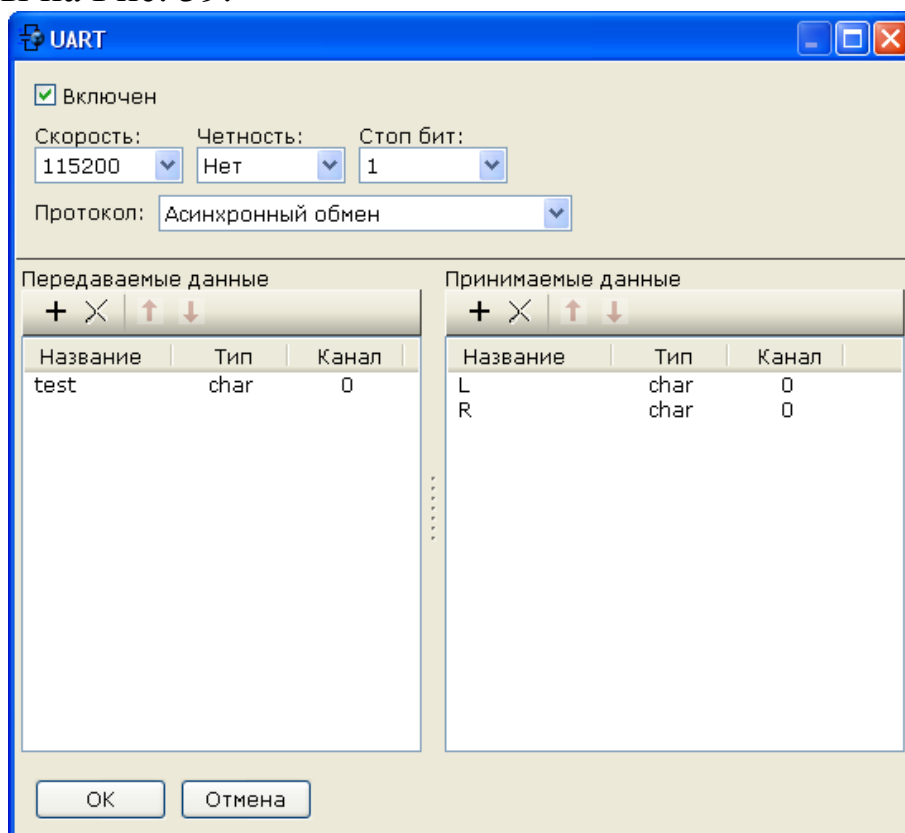


Рис. 59 Пример настройки UART-контроллера микропроцессора AVR для тестового программного обеспечения

UART-контроллер принимает от бортовой ЭВМ сигнал скорости для левого (*L*) и правого (*R*) борта (char), а передает на бортовую ЭВМ тестовый сигнал *test* (char). Не следует забывать о параметрах обмена данными и о необходимости включения UART-контроллера галочкой «Включен». При установке данной галочки UART-контроллер автоматически подключает к себе соответствующие выходы RXD и TXD и переводит их в режим альтернативной функции (что полностью соответствует реальному поведению контроллера AVR).

Принятые байты *L* и *R* складываются, а результат суммы подается на вход *test* UART-контроллера.

7.8. Подключение плат контроллера в общую схему

Установив на плату разъемы, появляется возможность подключить провода к этим разъемам со стороны общей схемы.

Предлагается подключить плату контроллера управления двигателями, рассматриваемую в примере, к общей схеме так, как показано на Рис. 60.

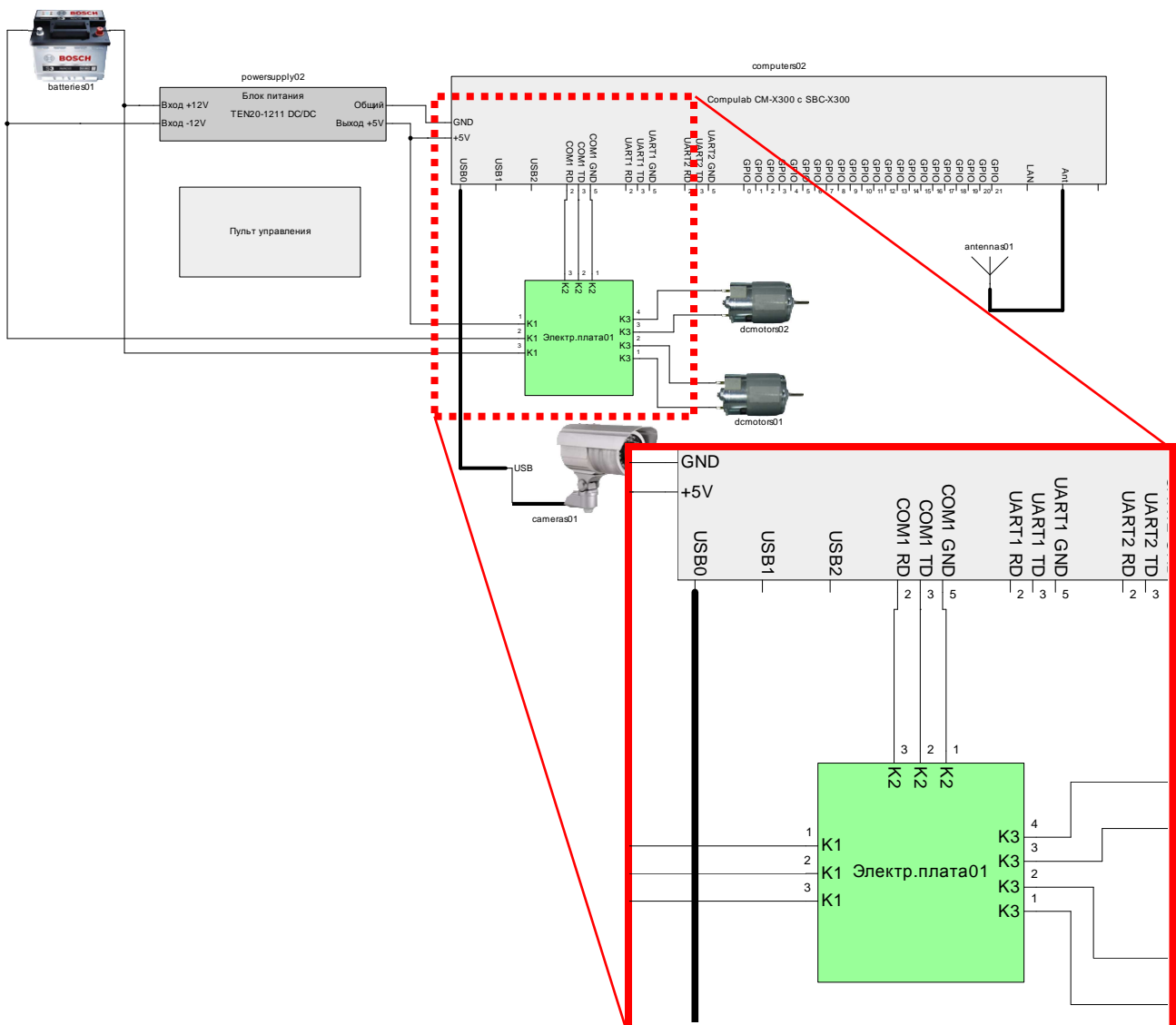


Рис. 60 Способ подключения платы контроллера к общей схеме

В рассматриваемом примере к разъему питания K1 подключается два напряжения – +12В и +5В, а также общая «земля». Важно не перепутать номера контактов разъема, в

противном случае можно вывести из строя все цифровые микросхемы контроллера.

К разъему К2 подключается СОМ-порт от бортовой ЭВМ тремя проводами: линия приема данных *RD* бортовой ЭВМ, линия приема данных *TD* бортовой ЭВМ и «Земля». Здесь также важно не перепутать номера контактов, в противном случае МАХ232 на плате контроллера может выйти из строя или, что еще хуже на плате бортовой ЭВМ.

Двигатели временно предлагается подключить к клеммникам (разъему К3 на плате) или пока вообще не трогать.

7.9. Установка нескольких микропроцессоров на плату контроллера управления и организация с ними связи

Зачастую на плату контроллера управления следует установить не один, а несколько микропроцессоров. Это необходимо из-за ограничений на количество выводов микроконтроллера, ограничений на объем памяти или производительных ресурсов одного микропроцессора.

При установке нескольких микропроцессоров следует правильно распределить между ними задачи. Так, например, не следует делать обработку датчиков одним микропроцессором, а управление соответствующим двигателем – другим.

Важным аспектом при подключении нескольких микропроцессоров является организация связи с ними. Для связи разработчик может задействовать несколько коммуникационных устройств бортовой ЭВМ (СОМ-порты, UART-порты, USB-порты). Однако такая организация связи является неудобной.

Поэтому предлагается использовать один СОМ-порт (UART или USB-порт) для связи с несколькими микропроцессорами.

Для организации такой связи следует ввести ограничения на протокол связи, который должен быть построен по принципу временного разделения, т.е. в каждый момент времени должен производиться обмен данными только с одним устройством.

При таком протоколе должна быть ведущая ЭВМ (обычно это бортовая ЭВМ), которая передает данные и производит опрос остальных устройств, которые находятся в режиме ведомых ЭВМ.

Ведомые ЭВМ (микропроцессоры) не должны самостоятельно принимать решения об отправке данных на ведущую ЭВМ, как это реализовано в асинхронном режиме передачи данных. Отправка данных от них должна осуществляться только по запросу с ведущей ЭВМ.

При такой организации связи ведущая ЭВМ передает команды, которые принимаются всеми ведомыми устройствами. Расшифровав команды, ведомые устройства смотрят, кому они адресованы. Если команда адресована данному устройству, и от него требуется ответ, то данное устройство отвечает на команду в общую линию связи. Если команда адресована другому устройству, то данное устройство ее игнорирует. Таким образом, получается, что только одно устройство может передавать данные на общую линию связи.

В Dyn-Soft RobSim 5 для перевода COM-порта бортовой ЭВМ в режим «Ведущей ЭВМ» следует в свойствах блока установить поле «Протокол» в состояние «Обмен по запросу. Ведущий» (Рис. 61).

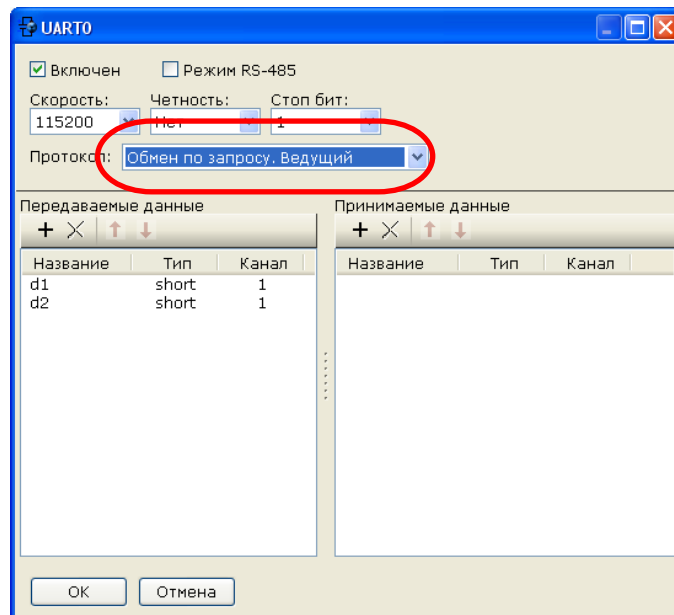


Рис. 61 Перевод COM/UART-порта бортовой ЭВМ в режим ведущей ЭВМ

Для перевода UART-порта микропроцессора в режим ведомого устройства следует в свойствах блока установить поле «Протокол» в состояние «Обмен по запросу. Ведомый» (Рис. 62).

Электрическая схема соединения двух и более микропроцессоров должна исключать короткое замыкание при передаче данных.

Поэтому следует обратить внимание, что согласно протоколу RS-232, передающая линия UART-порта микропроцессора (TXD) по умолчанию находится в состоянии логической «1» (Рис. 57, б). И лишь в момент передачи данных опускается в «0».

Т.е. получается, что когда все микропроцессоры «молчат» на их выходах TXD держится логическая «1». Согласно организованному протоколу, только в каждый момент времени только один микропроцессор может начать передавать данные (т.е. начать периодически опускать линию в состояние «0»).

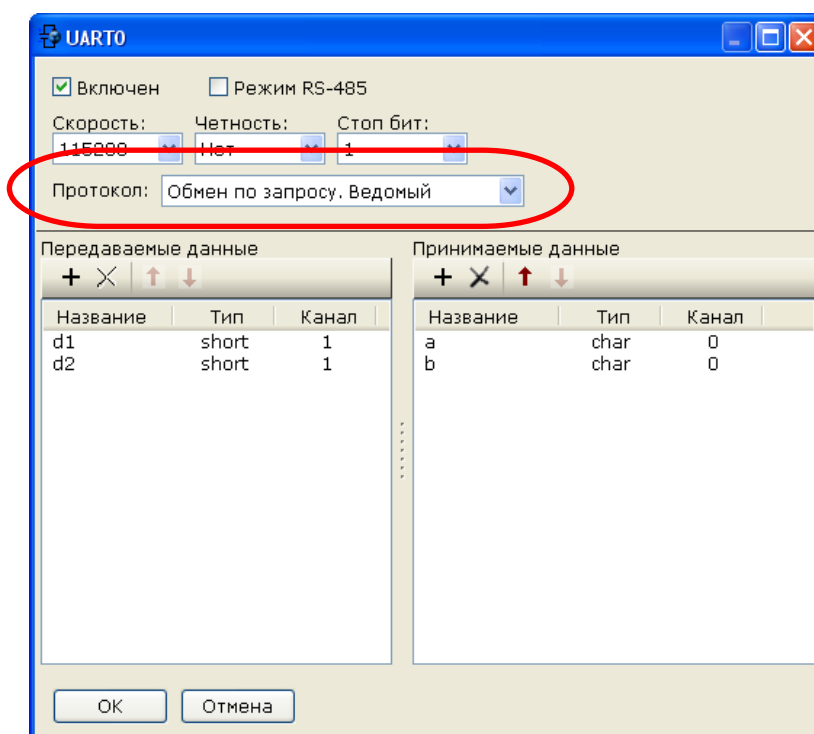


Рис. 62 Перевод UART-порта микроконтроллера в режим ведомого устройства

Отсюда следует, что для организации связи следует сделать элемент «И» по линии TXD. Самая простая организация элемента «И» может быть построена на базе одного резистора и нескольких диодов (Рис. 63).

В данной схеме приемная линия подключена непосредственно ко входам RXD микропроцессоров, что позволяет всем микропроцессорам принимать входящие команды.

На выходы TXD устанавливаются диоды, которые не позволяют проходить сигналу +5В, но пропускают «Землю». Вся же линия подтянута через резистор R1 к плюсу питания (+5В). Таким образом, когда все микропроцессоры «молчат» на линии +5В через резистор R1. Стоит хотя бы одному микропроцессору начать передачу данных, сформировав на входе «0», как эта «земля» проходит через диод и опускает всю линию «0».

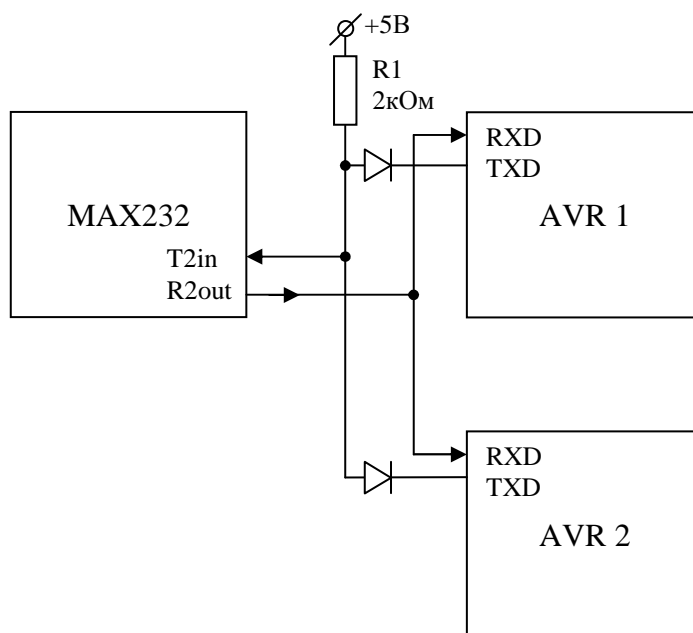


Рис. 63 Принцип подключения двух и более микропроцессоров в общей линии на базе протокола RS-232

В данной схеме не имеет большого значения марка диода. Резистор R1 может иметь номинал от 1 кОм до 10 кОм.

7.10. Испытания платы и тестовой программы микропроцессора платы контроллера

Перед тем, как разрабатывать плату далее, рекомендуется провести испытания робота, чтобы удостовериться в правильности подключения всех устройств, микропроцессора и канала обмена данными.

Для проведения испытаний разработанную схему необходимо сохранить и запустить процесс моделирования (Рис. 64).

После запуска следует убедиться в работе бортовой ЭВМ и наличии с ней связи по WiFi (подробно см. главу 6.6).

Если микропроцессор содержит тестовую прошивку, показанную на Рис. 58, то он должен складывать сигнал «*Left*» и «*Right*» и формировать их сумму в значении «*test*».

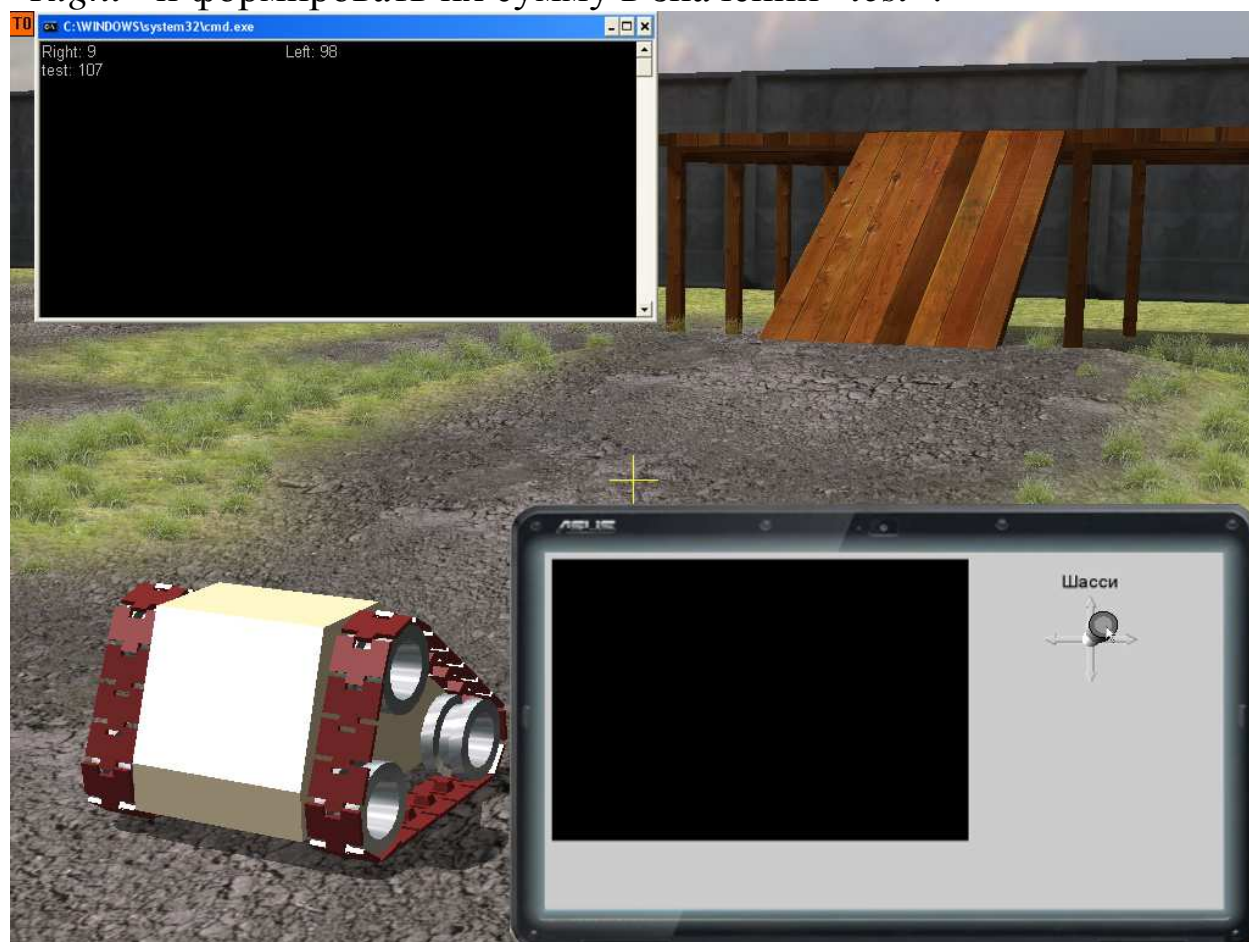


Рис. 64 Иллюстрация процесса испытания работы тестовой платы робота

Следует оговориться: в рассматриваемом примере сложение производится в формате char (т.е. числа принимают значения от -128 до 127). Поэтому, сумма будет формироваться правильно, если результат сложения лежит в указанном диапазоне. Так, например, $9 + 98 = 107$. Но, если сумма выходит за указанный диапазон, то результат сложения будет «перевернуть через голову». Например, $127 + 1 = -128$.

Для проведения эксперимента необходимо подвигать джойстик на пульте управления роботом и убедиться, что поля «Left» и «Right» в консоли робота изменяют свое значение, а также в след за ними изменяется поле «test». Также следует убедиться, что поле «test» содержит сумму «Left» и «Right» с учетом упомянутых оговорок.

Если поле «test» изменяет свое значение, следовательно, микропроцессор и канал связи с ним работают нормально.

Если поле «test» постоянно равно нулю, то следует искать ошибку. Причин может быть несколько:

- Отсутствие питания. Необходимо проверить наличие напряжения на микропроцессоре и MAX232, установив на плату блок «мультиметр».
- Неправильное подключение (перепутаны номера контактов) линии передачи данных.
- Различия в настройках СОМ-порта бортовой ЭВМ и UART-контроллера микропроцессора.
- Неправильная настройка UART-контроллера микропроцессора

8. Подключение двигателей к плате контроллера

8.1. Силовые ключи и их особенности

Для управления двигателя робота рекомендуется использовать силовые ключи – микросхемы L6203, которые выдерживают постоянный ток 4А, и импульсный ток до 10А. Единственный недостаток данных ключей – это минимальное рабочее напряжение 11-12В, что не дает возможности работать

работу на полуразряженных батареях (если используется напряжение 12В).

Ключ L603 представляет собой полный мост и предназначен для управления одним двигателем постоянного тока. Он имеет три цифровых входа:

- Вход ENABLE – разрешение работы. На него нужно подать логическую «1», т.е. +5В.
- Входы IN1 и IN2 – входы управления полумостами.

Также ключ имеет два выхода: OUT1 и OUT2, между которым подключается двигатель (в рассматриваемом случае через разъем на плате).

При разрешении работы микросхемы (ENABLE=«1»), если на входе IN1 логическая «1», то на выход OUT1 выдается напряжение силового питания с входа Vs (+12В). Если на входе IN2 логический «0», то на выходе OUT1 напряжение силовой «земли» с входа SENSE. Аналогично с входом IN2 и выходом OUT2 (Рис. 65).

Если сигнал ENABLE=«0», то выходы силового ключа находятся в высокоимпедансом состоянии (т.е. отключены как от плюса, так и от земли). Данное состояние также называют Z-состоянием, или «воздух».

Таким образом, чтобы заставить двигатель вращаться в одну сторону необходимо на вход IN1 подать «1», а на вход IN2 подать «0». В этом случае на выходе OUT1 будет +12В, а на выходе OUT2 будет «земля», что приведет к вращению ротора двигателя в одном из направлений.

Чтобы заставить двигатель вращаться в другую сторону необходимо на вход IN1 подать «0», а на вход IN2 подать «1». В этом случае на выходе OUT1 будет «земля», а на выходе OUT2 будет +12В, что приведет к вращению ротора двигателя в обратном направлении.

Состояние IN1=IN2=«0» приводит к тому, что на выходе OUT1 и OUT2 две «земли», что не создает разность потенциалов, и двигатель не вращается. Аналогично состояние IN1=IN2=«1» –

на обоих выхода силовое напряжение, что также не создает разности потенциалов, и двигатель не вращается.

Удобно с помощью микропроцессора создавать сигнал с ШИМ (широтно-импульсной модуляцией) на одном из входов IN1 или IN2 ключа, а на другом входе ключа формировать направление вращения в виде «0» или «1». В этом случае появляется возможность путем изменения ШИМ управлять скоростью вращения двигателя, а также изменять его направление вращения.

Структурная схема ключа изображена на Рис. 66. Как видно из рисунка, выходные полевые транзисторы ключа уже снабжены защитными диодами, так что их установка на плату не требуется.

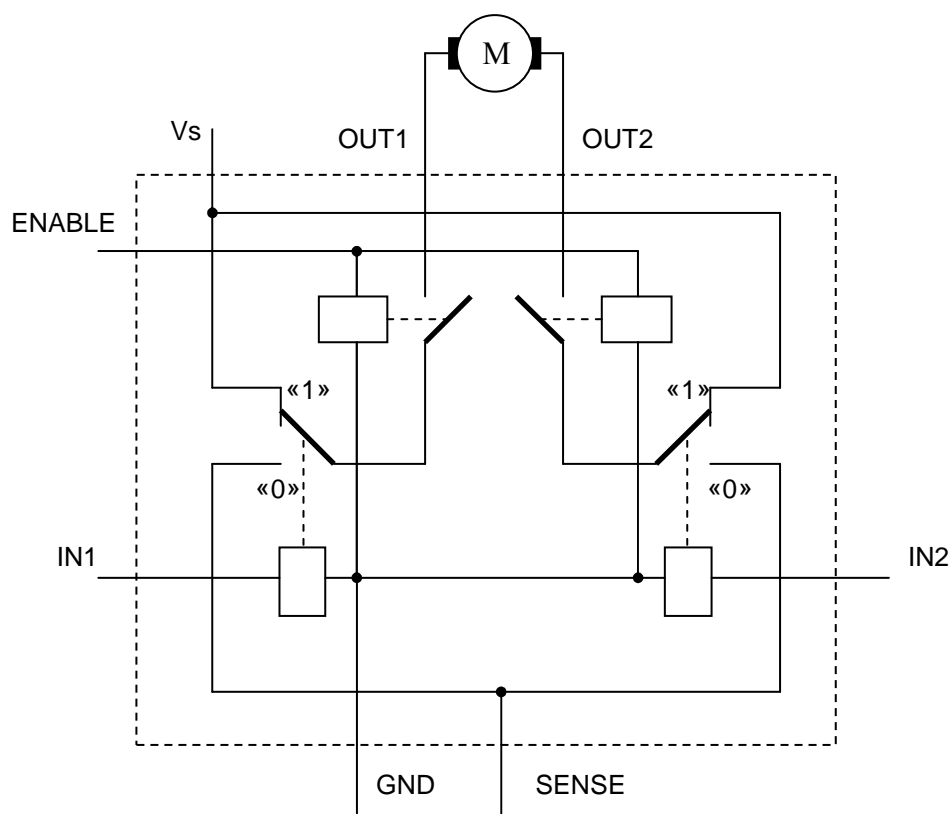


Рис. 65 Условная эквивалентная схема ключа L6203

Также к ключу L6203 полагается подключение трех конденсаторов:

1. Между BOOT1 и OUT1 на 15 нФ;
2. Между BOOT2 и OUT2 на 15 нФ;
3. Между выходом VREF и землей на 220 нФ.

Конденсаторы на входах BOOT1 и BOOT2 форсируют закрытие и формируют задержку при открытии верхних транзисторов ключа, подключаемых выходы к плюсу силового питания. Это необходимо для предотвращения короткого замыкания ключа. Самое страшное состояние – еще не до конца закрытый верхний транзистор, и уже открытый нижний транзистор. В данном состоянии ток через оба транзистора течет от плюса силового питания (V_s) к «земле» (SENSE). Для предотвращения этого состояния служат конденсаторы на входах BOOT1 и BOOT2.

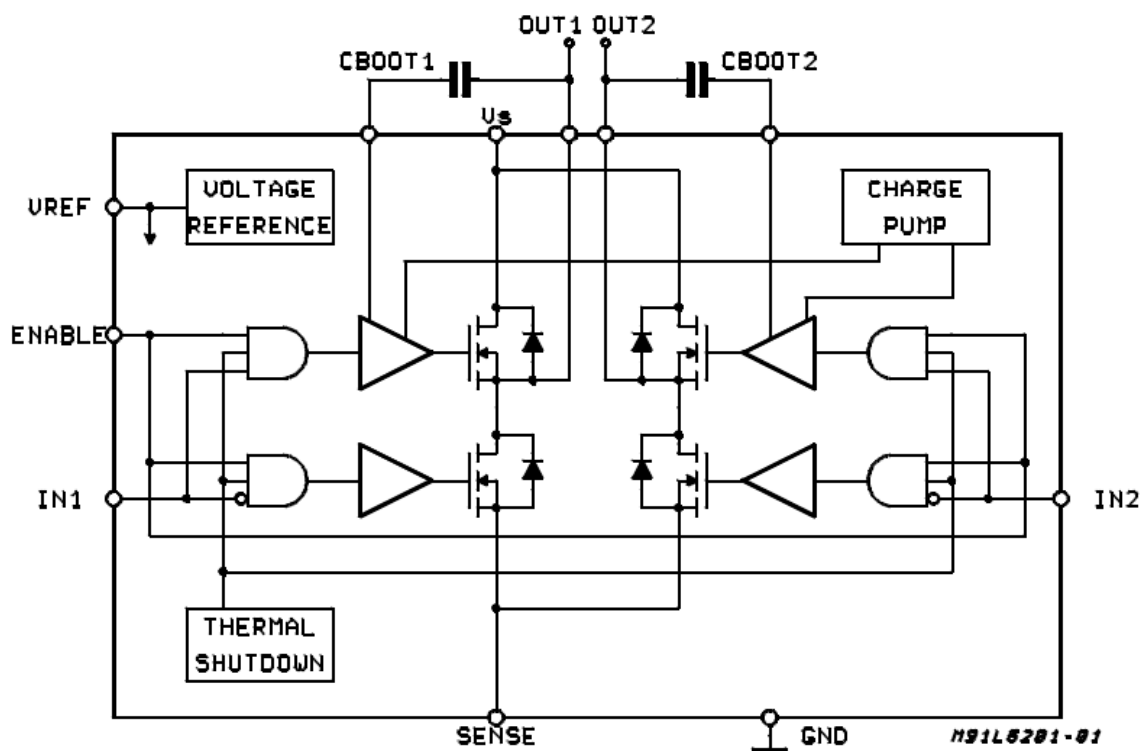


Рис. 66 Структурная схема ключа L6203

Конденсатор на входе VREF фильтрует импульсные помехи по напряжению питания ключа.

Следует отметить, что при работе с низкими токами (до 1,5 А) при стабильном питании можно не использовать конденсаторы. Однако для управления мощными двигателями (с пусковым током 4А и более) использование конденсаторов становится просто необходимо.

8.2. Установка силовых ключей на плату

Для управления двумя двигателями рассматриваемого робота предлагается на плату контроллера установить два силовых ключа L6203 и подключить их к микропроцессору так, как показано на схеме Рис. 67.

На схеме выводы V_s (питание) ключей L6203 подключены к силовому напряжению +12В. Выводы SENSE (силовая «земля») подключены к «земле». Выводы GND (цифровая «земля») также подключены к «земле». Входы ENABLE (разрешение работы) обоих ключей подключены в +5В (таким образом, всегда разрешено). Выходы OUT1 и OUT2 каждого из ключей через разъем на плате подключены к соответствующему двигателю. Между входом BOOT1 и выходом OUT1, а также входом BOOT2 и выходом OUT2 установлен конденсатор на 15 нФ. К ножке VREF каждого ключа подключен конденсатор 220 нФ.

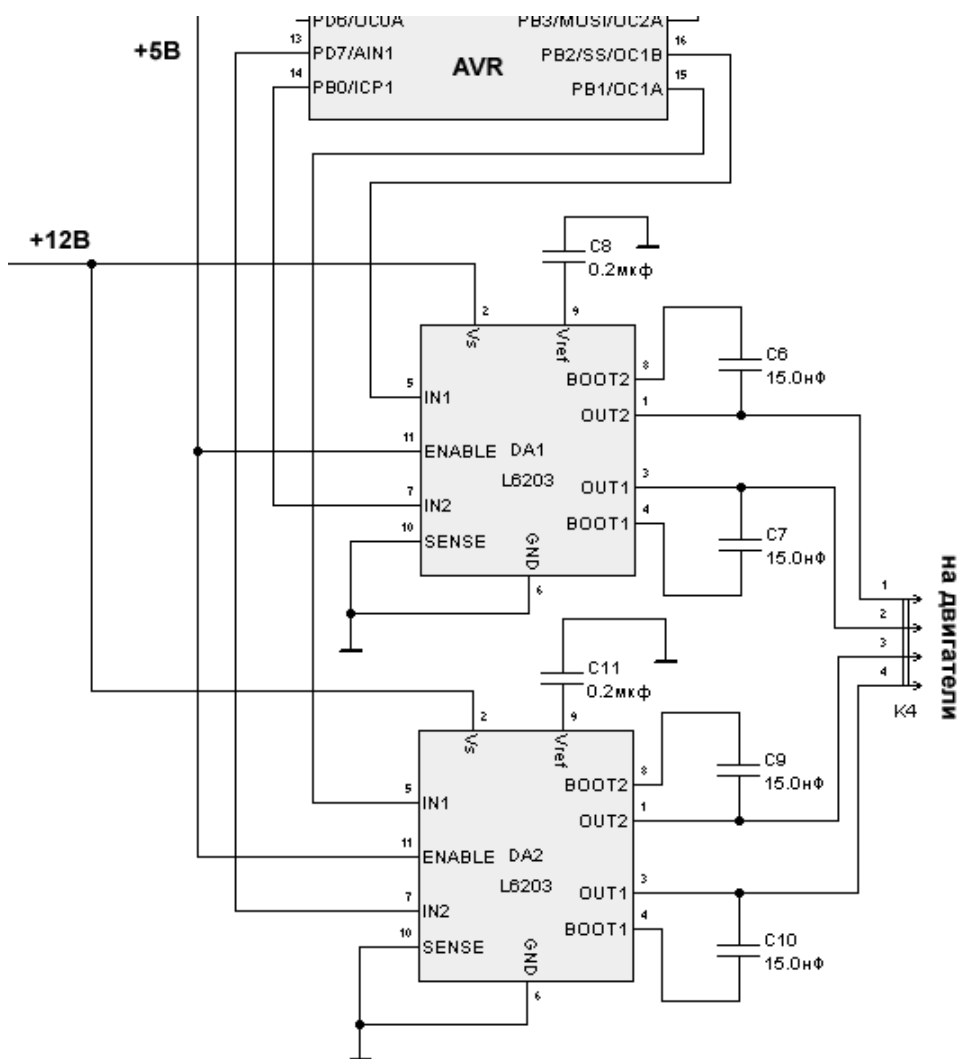


Рис. 67 Пример подключения двух силовых ключей L6203 к микропроцессору AVR

Перед тем, как подключить ключи к микропроцессору, необходимо отметить некоторые особенности микропроцессоров семейства AVR.

Эти микропроцессоры в зависимости от модели имеют от 3 до 6 выходов, на которых аппаратным способом может формироваться сигнал с ШИМ. Эти выходы имеют в своем обозначении аббревиатуру $OCnх$ (например, $OC0$, $OC1A$, $OC1B$ и т.д.). Здесь, цифра n – это номер аппаратного таймера-счетчика, а буква x – номер канала А, В или С. У некоторых таймеров-счетчиков только один канал, поэтому буква x не используется. У некоторых их 2 или 3.

Поэтому вход IN1 одного из ключей на схеме подключается к выходу OC1A микропроцессора, а выход IN2 того же ключа – к свободному выходу PB0.

Вход IN1 второго ключа подключается к выходу OC1B микропроцессора, а выход IN2 того же ключа – к свободному выходу PD7.

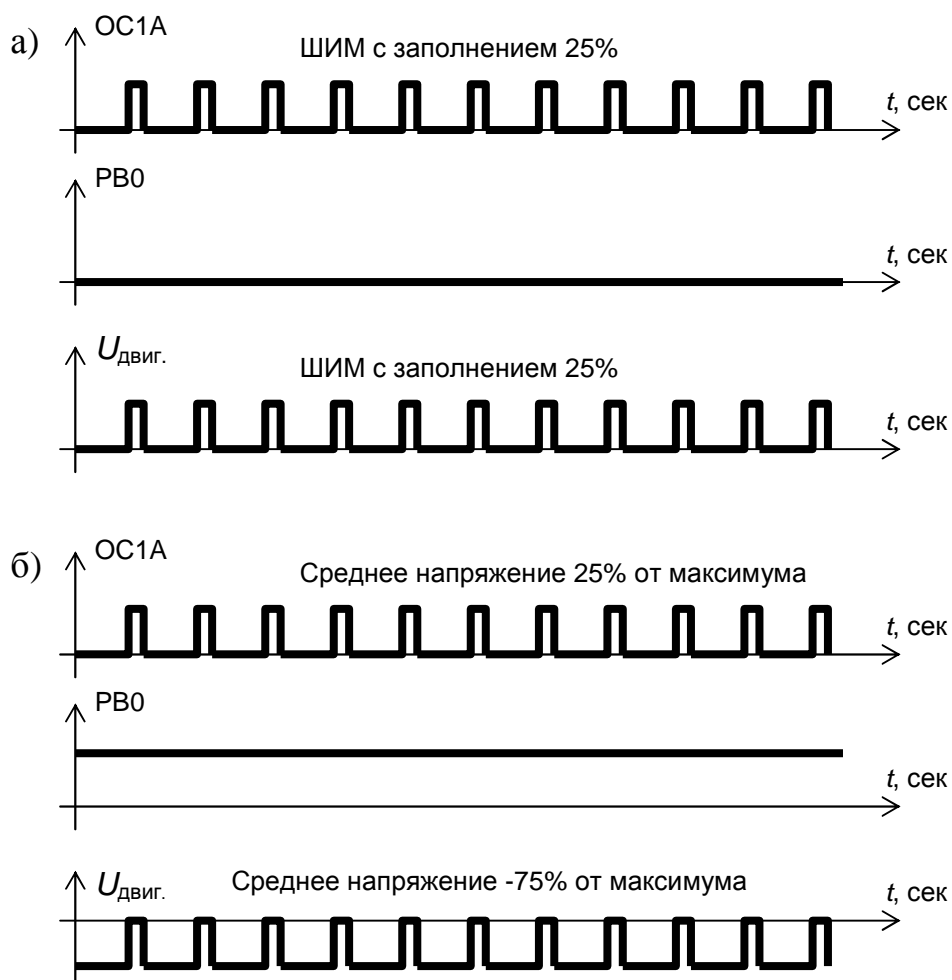
Следует отметить особенности работы разработанной схемы.

Для вращения двигателя 1 в положительном направлении необходимо сформировать на выходе PB0 логический «0», а на выходе OC1A сформировать ШИМ, причем, чем выше коэффициент заполнения ШИМ, тем выше среднее напряжение на двигателе (Рис. 68, а).

8.3. Настройка таймера-счетчика микропроцессора для управления ШИМ

Микропроцессор может формировать ШИМ двумя способами – программным и аппаратным.

В случае программного формирования ШИМ программа микропроцессора изменяет во времени состояние выхода микропроцессора таким образом, чтобы в результате на нем образовалась ШИМ-последовательность. Достоинство программного способа формирования ШИМ является неограниченность в количестве ШИМ (число ШИМ определяется лишь числом свободных выводов микропроцессора), и отсутствие жесткой привязки к конкретным выходам микропроцессора. Недостатком программного способа формирования ШИМ является большая вычислительная нагрузка на микропроцессор.



**Рис. 68 Формирование ШИМ на двигателе:
а) в прямом направлении; б) в обратном направлении.**

Аппаратный способ формирования ШИМ подразумевает, что микропроцессор аппаратным образом формирует на одном из своих выходов ШИМ-последовательность. Период ШИМ настраивается в начале программы пользователя, а коэффициент заполнения формируется путем записи специального значения в специальный регистр микропроцессора. Достоинство аппаратного способа формирования ШИМ заключается в низкой вычислительной нагрузке на микропроцессор. Недостаток – ограниченное число аппаратных ШИМ и невозможность переназначения вывода микропроцессора, на котором будет формироваться ШИМ.

Указанные недостатки не снижают ценность аппаратного способа формирования ШИМ, поэтому в рассматриваемом примере будет использован именно данный способ.

Для использования аппаратного ШИМ необходимо произвести настройку одного из таймеров-счетчиков. Обычно в микропроцессоре от 3 до 4 таймеров-счетчиков. Однако в некоторых моделях микропроцессорах не все таймеры-счетчики могут формировать ШИМ (например, в ATMEGA8 таймер-счетчик 0 не имеет аппаратного выхода).

В некоторых моделях один таймер-счетчик может формировать несколько каналов ШИМ с одним периодом, но с разным коэффициентом заполнения. Каналы имеют обозначение А, В и С.

Для настройки таймера-счетчика в Dyn-Soft RobSim 5 необходимо зайти редактор структурных схем программного обеспечения микропроцессора (см. главу 7.7) и выбрать свойства одного из таймеров-счетчиков (Timer/Counter) (Рис. 69).

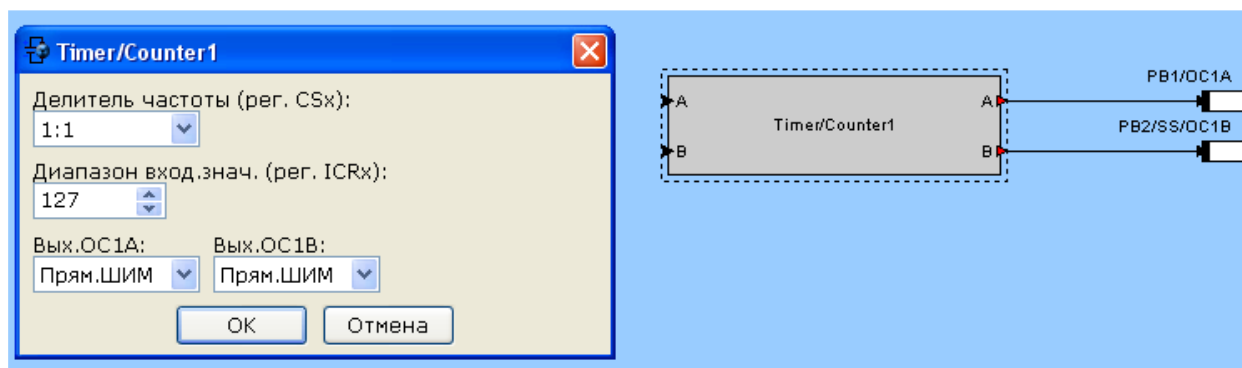


Рис. 69 Настройка таймера-счетчика для формирования ШИМ

В настройках таймера-счетчика необходимо выставить делитель частоты (регистр CS x , где x – номер таймера-счетчика). Ненулевое значение делителя частоты разрешает работу таймера-счетчика. Рекомендуется использовать делитель частоты 1:1 (один такт таймера-счетчика соответствует одному такту микропроцессора).

Таймер-счетчик может работать в нескольких режимах. Самым удобным режимом формирования ШИМ является Fast PWM с верхним значением, задаваемым в регистре ICR x . В этом

режиме период ШИМ определяется значением регистра ICRx. Значение ICRx = 127 соответствует периоду ШИМ в 127 тактов таймера-счетчика.

Однако не все таймеры-счетчики могут работать в этом режиме, т.к. не все таймеры счетчики содержат регистр ICRx. Признаком, отсутствия поддержки данного режима в Dyn-Soft RobSim 5 служит отсутствие возможности управления регистром ICRx.

Для таких таймеров-счетчиков следует устанавливать режим Fast PWM с верхним значением 255.

В процессе работы программное обеспечение записывает требуемое значение коэффициента заполнения ШИМ в регистр OCRx. Здесь y – номер канала ШИМ (А,В или С).

В Dyn-Soft RobSim 5 значение, записываемое в регистр OCRx, поступает на вход блока таймера-счетчика. Причем число входов соответствует числу аппаратных каналов у данного таймера-счетчика.

Входное значение на блок таймера-счетчика должно быть целым (char или short) и изменяться от 0 до значения в регистре ICRx. Соответственно значение 0 соответствует 0% заполнения ШИМ, а значение, равное ICRx, – 100% заполнения ШИМ.

В Dyn-Soft RobSim 5 используется правило, если в регистре ICRx используется значение больше 127, то входное значение на блок таймера-счетчика становится 16-битным (short), иначе 8-битным (char). В принципе, на практике обычно нет необходимости использования 16-битные значения ШИМ.

В реальном микропроцессоре путем программирования специальных битов COMxxx в регистрах настройки таймера-счетчика можно установить режим управление выводом микропроцессора, отвечающего за вывод ШИМ с данного канала. Доступно четыре режима:

- **Отключено.** Таймер-счетчик не управляет выводом микропроцессора.
- **Прямой ШИМ.** На выводе микропроцессора держится «1» до тех пор, пока счетчик не достиг

до порогового значения в регистре OCR_{xу}; после значения OCR_{xу} на выводе формируется «0».

- **Инверсный ШИМ.** На выводе микропроцессора держится «0» до тех пор, пока счетчик не достиг порогового значения в регистре OCR_{xу}; после значения OCR_{xу} выводе формируется «1».
- **Режим триггера.** Значение вывода микропроцессора инвертируется при переходе счетчика через значение OCR_{xу} (для формирования ШИМ режим не подходит).

В Dун-Soft RobSim 5 первые три режима работы канала таймера-счетчика задаются выпадающими списками ОС_{xу}. Рекомендуется установить значение «Прям.ШИМ» в используемых каналах таймера. По умолчанию в настройках стоит значение «Откл.».

В рассматриваемом примере работа силовые ключи подключены к выводам ОС1А и ОС1В. Это выводы каналов А и В таймера-счетчика 1. Поэтому для работы схемы необходимо настроить таймер-счетчик 1 (Timer/Counter 1) в режим формирования прямого ШИМ по обоим каналам А и В. Делитель частоты выставить равным «1:1», а значение регистра ICR_x равным 127.

8.4. Управление портами ввода-вывода микропроцессора

В микропроцессоре семейства AVR практически каждая ножка является портом ввода-вывода. Имеется возможность настроить ее режим:

- Режим входа:
 - DDR_{x.y} = 0;
 - PORT_{x.y} = 0;
 - значение = PIN_{x.y}.
- Режим выхода:
 - DDR_{x.y} = 1;
 - PORT_{x.y} = значение.
- Режим входа с подтягивающим резистором:

$DDR_{x,y} = 0;$
 $PORT_{x,y} = 1;$
значение = $PIN_{x,y}$.

Здесь: x – номер порта А,В,С,Д (Е,Ф,Г); y – номер бита 0..7.

Также ножка может перейти в режим альтернативной функции. Перевод в режим альтернативной функции производит соответствующее аппаратное устройство.

По умолчанию, все ножки микропроцессора находятся в режиме входа.

В Dyn-Soft RobSim 5 задать режим работы ножки микропроцессора можно в свойствах соответствующего блока структурной схемы программы (Рис. 70).

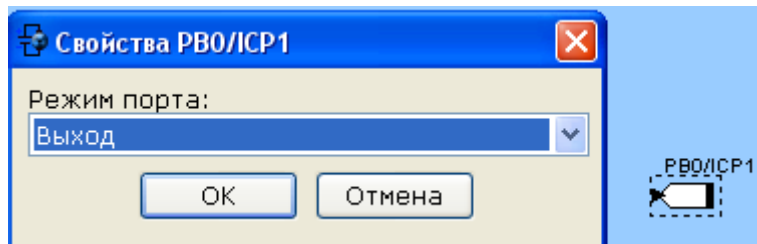


Рис. 70 Изменение режима ввода-вывода ножки микропроцессора

В рассматриваемом примере необходимо перевести ножки РВ0 и РД7 в режим выхода. Через эти выходы производится управления направлением вращения двигателем.

8.5. Разработка структурной схемы программного обеспечение микропроцессора для управления двумя реверсивными двигателями

Прежде чем разработать программное обеспечение для микропроцессора следует рассмотреть особенность формата хранения чисел в цифровой технике.

Формат числа типа `char` представлен на Рис. 71.

Бит 7	Бит 6	Бит 5	Бит 4	Бит 3	Бит 2	Бит 1	Бит 0
Знак	Значение						

Рис. 71 Формат числа `char`

В 7 бите числа в формате `char` хранится знак числа (0 – число положительное; 1 – отрицательное). Важно отметить, что отрицательные числа хранятся в дополнительном коде.

Например, положительное число 2 будет разложено по битам следующим образом:

$$2_{10} = 0\ 0000010_2$$

В то время как число -2 будет содержать знак в 7 бите и храниться в дополнительном коде:

$$-2_{10} = 1\ 1111110_2$$

Несложно проверить следующее тождество, если произвольное число A имеет тип данных `char`, то:

$$A \& 0x7F = \begin{cases} |A| & , \text{если } A \geq 0 \\ 128 - |A| & , \text{если } A < 0 \end{cases}$$

Под операцией $A \& 0x7F$ подразумевается побитовая операция «И» с числом 7F в шестнадцатеричной системе ($0x7F = 0111111_2$), т.е. зануление знака числа.

Другими словами: если число A было положительным, то после операции $A \& 0x7F$ число A не изменится. Если число A отрицательное, то операция $A \& 0x7F$ дает в результате число, равное $128 - |A|$.

Данное тождество предлагается сопоставить с особенностями формирования ШИМ, рассмотренными в конце главы 8.2. Следует обратить внимание, что для формирования реверсивного движения двигателя необходимо направление (знак) выводить через отдельный вывод микропроцессора, а на выводе ШИМ формировать не прямой, а инверсный ШИМ.

По сути, значение $128 - |A|$ и есть инверсное значение ШИМ с периодом 127 тактов.

Отсюда следует, что если скорость двигателя задается знаковым числом A в формате `char`, то для формирования реверсивного управления двигателем необходимо вывести знак числа (бит 7) через вывод управления направлением, а

оставшиеся 7 бит подать в качестве уставки на формирователь ШИМ.

Для создания структурной схемы программного обеспечения для управления двумя независимыми реверсивными двигателями из рассматриваемого примера необходимо предлагается собрать схему, показанную на Рис. 72.

На данной схеме сигнал скорости левого привода «L» типа char поступает на блок «Получить бита числа» (GetBit 7), в параметрах которого выставлено 7 бит. Таким образом, блок изымает старший седьмой бит числа (знак числа) и выводит его через ножку PB0 микропроцессора. Также число «L» поступает на блок «Побитовая операция "И" с константой» (AND 0x7F), в параметрах которой указана константа 0x7F. Таким образом, блок изымает младшие 7 бит числа и подает их на канал A таймера-счетчика 1. Таймер-счетчик в свою очередь переведен в режим формирования Fast PWM с верхним значением 127. В этом режиме таймер-счетчик формирует ШИМ на выходе OC1A.

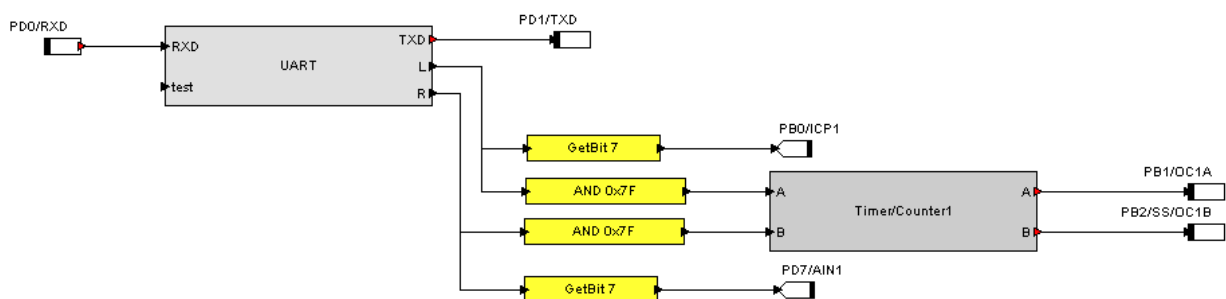


Рис. 72 Структурная схема программного обеспечения микропроцессора для управления двумя реверсивными двигателями постоянного тока с помощью таймера-счетчика, позволяющего управлять регистром ICRx

Аналогично с сигналом скорости правого борта «R». Знак числа выводится через ножку PD7 микропроцессора, а младшие 7 бит числа поступают на канал B таймера-счетчика 1, который на их основе формирует ШИМ на выходе OC1B.

Если же таймер-счетчик не поддерживает управление верхним значением в режиме Fast PWM, то верхним значением

ШИМ является 255. Для этого младшие 7 бит числа после операции «И» следует сдвинуть на один бит влево (Рис. 73).

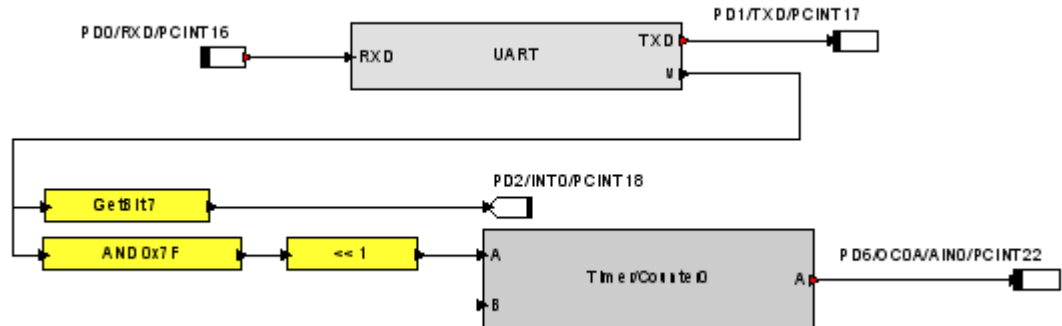


Рис. 73 Структурная схема программного обеспечения микропроцессора для управления реверсивным двигателем постоянного тока с помощью таймера-счетчика, имеющего верхнее значение ШИМ 255

8.6. Управление сервомашинкой

Сервомашинки или рулевые машинки – это двигатель постоянного тока с датчиком обратной связи и встроенным контроллером управления, позволяющий управлять исполнительным валом по положению (Рис. 74).



Рис. 74 Внешний вид сервомашинки

Сервомашинки изначально предназначаются для радиомоделей (авиамоделей, моделей автомобилей и кораблей), однако высокий момент, высокая мощность и удобство управления позволяет использовать сервомашинку в робототехнике.

Сервомашинки бывают аналоговыми или цифровыми, но это различие никак не влияет на форму управляющего сигнала, а влияет лишь на точность внутренней схемы управления поворотом вала. Следует также отметить, что регулятор положения в сервомашинке рассчитан на высокий момент, но невысокий момент инерции нагрузке. При высоком моменте инерции в регуляторе сервомашинки могут возникать небольшие колебания.

Сервомашинка имеет напряжение питания обычно до 4-6 вольт (некоторые до 8.4 В), угол поворота вала, обычно, $\pm 60^\circ$.

У сервомашинки 3 провода:

- черный – «земля».
- красный – напряжение питания.
- желтый – сигнал управления.

Сервомашинка может быть запитана от напряжения 5 В, и тока не менее 2А.

Ток по сигнал управления практически не потребляется, поэтому для управления может осуществляться непосредственно от ножки микропроцессора AVR с помощью ШИМ-сигнала. Форма сигнал управления изображена на Рис. 75.

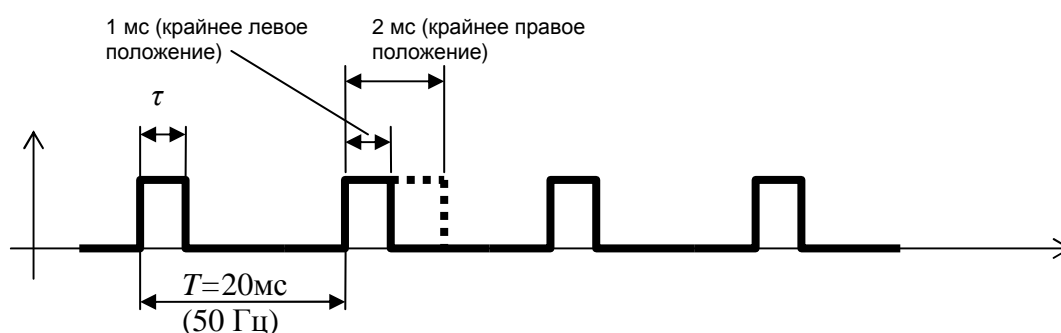


Рис. 75 Форма управляющего сигнала сервомашинки

Для управления сервомашинкой контроллер управления должен сформировать ШИМ-сигнал с периодом повторения 20 мс (50 Гц). При этом длительность импульса должна быть от 1 мс (крайнее левое положение) до 2 мс (крайнее правое положение).

В микропроцессорах AVR для формирования сигнала управления удобно использовать 16-битный таймер-счетчик. При этом следует так настроить делитель частоты и верхнее значение формирователя ШИМ (регистр ICRx), чтобы на выходе получилась частота 50 Гц. Важно добиваться как можно большего значения регистра ICRx, а не большего значения делителя, т.к. в последнем случае повышается дискретность положения сервомашинки.

При выбранном значении делителя и верхнего значения ШИМ, следует на входе таймер-счетчика (регистр OCRx) задать такое значение, чтобы длительность импульса ШИМ изменялась от 1 мс. до 2 мс.

Например, если частота микропроцессора 20 МГц, то следует выставить делитель частоты 1:8 и задать верхнее значение таймера 50 000. Тогда на входе таймера-счетчика можно сформировать сигнал типа short, значение которого будет изменяться от 2500 (крайнее левое положение) до 5000 (крайнее правое положение).

8.7. Проведение итоговых испытаний робота

Для проведения испытаний робота необходимо сохранить схему и запустить робота в среде моделирования Dyn-Soft RobSim 5 (Рис. 76).

При передвижении джойстика робот должен начать двигаться. Следует проверить полярность подключения двигателей к плате контроллера, а также правильность подключения правого и левого двигателей.

При перемещении джойстика вперед робот должен начать движение вперед. Если вместо движения вперед наблюдается поворот на месте влево, то, скорее всего, перепутана полярность левого двигателя. Наличие поворота на месте вправо свидетельствует о перепутанной полярности правого двигателя. Движение назад свидетельствует о перепутанной полярности обоих двигателей.

При перемещении джойстика назад робот должен начать двигаться назад.

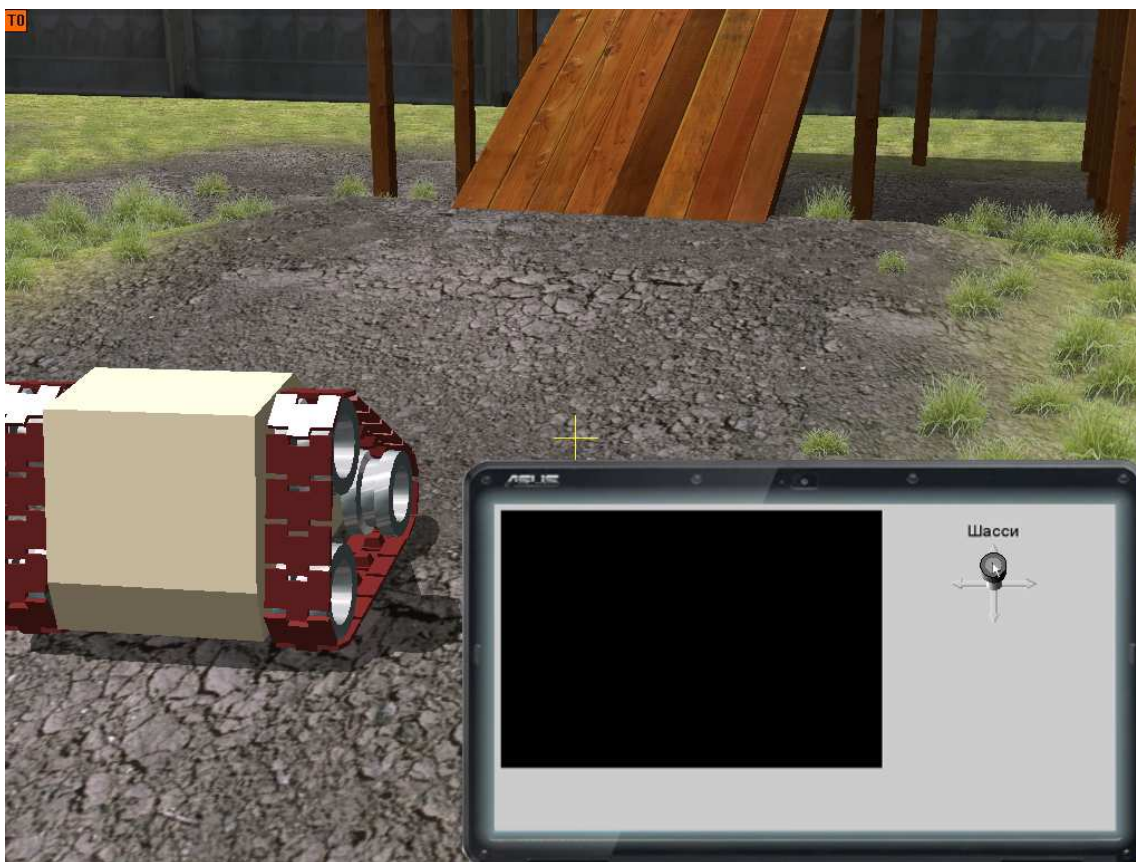


Рис. 76 Иллюстрация итоговых испытаний робота

При перемещении джойстика право робот должен начать поворот вправо на месте. Если вместо этого он начал поворот влево, то это свидетельствует о том, что перепутан левый и правый двигатель.

Если движение робота не происходит вообще, то следует искать ошибку. Для начала рекомендуется с помощью мультиметра проверить напряжение на двигателях – не исключено, что робот не двигается из-за недостатка мощности.

Не исключен вариант, когда вместо движения робот «улетает» со сцены. Несмотря на то, что в программном комплексе Dyn-Soft RobSim 5 предприняты все меры для устранения этого эффекта, тем не менее, в механической системе не исключено появление колебательных процессов с частотой, превышающей такт моделирование системы. Скорее всего, это возникает при выборе неадекватной скорости вала двигателей.

При этом следует проверить коэффициент редукции двигателей робота.

9. Список литературы

1. Официальный сайт Dyn-Soft RobSim,
<http://robsim.dynsoft.ru>
2. Разработка трехмерных моделей в 3D Studio MAX,
учебное пособие, <http://robsim.dynsoft.ru/3DStudio.pdf>
3. Плагин для Adobe Photoshop для работы с текстурами в
формате DDS. <http://developer.nvidia.com/nvidia-texture-tools-adobe-photoshop>
4. AVR Studio 5.1.
<http://www.atmel.com/tools/ATMELAVRSTUDIO.aspx?Products=010> Atmel AVR 8- and 32-bit Microcontrollers
5. Программный комплекс PonyProg.
<http://www.lancos.com/ppwin95.html>