

Оглавление

Введение	7
1. Конструктор LEGO Mindstorms EV3	14
1.1. Электроника	14
1.2. Детали для конструирования	16
1.3. Программирование	17
2. Конструирование	22
2.1. Первая игра: Фантастическое животное	22
2.2. Высокая башня	23
2.3. Механический манипулятор	24
2.4. Механическая передача	26
3. Основы управления роботом	35
3.1. Механизм, автомат, робот	35
3.2. Знакомство с датчиками EV3	37
3.3. Встроенная оболочка EV3	44
3.4. Управление мобильным роботом	46
4. Кегельринг	49
4.1. Спонтанные движения в круге	50
4.2. Движение по звезде. Точные повороты. Возврат в центр	53
4.3. Поиск кеглей с помощью датчика	55
4.4. Движение по спирали	58
5. Движение в помещении. Поиск выхода из лабиринта	62
5.1. Базовые действия по энкодерам	64
5.2. Известный лабиринт	64
5.3. Правило правой руки	67

6. Роботы-барабанщики. Простейшие регуляторы	69
6.1. Создание ритма и импровизация. Простейшие регуляторы	69
6.2. Запоминание ритма	73
6.3. Управление мотором. Релейный регулятор	74
6.4. Управление мотором. Пропорциональный регулятор . .	75
6.5. Контроль скорости	78
6.6. Математический барабанщик	79
7. Следование по линии	81
7.1. Релейный регулятор	83
7.2. Пропорциональный регулятор. Один датчик освещенности	86
7.3. Релейный четырехпозиционный регулятор	87
7.4. Пропорциональный регулятор. Два датчика освещенности	89
7.5. Подсчет перекрестков	90
8. Путешествие по комнате. Защита от застреваний	92
8.1. Путешествие с помощью датчика ультразвука	92
8.2. Параллельные задачи	93
8.3. Сторожевой таймер	94
8.4. Дополнительный бампер	95
9. Базовые регуляторы и алгоритмы	98
9.1. Двухмоторная тележка. Безаварийное движение	98
9.2. Реакция на препятствие	99
9.3. объезд препятствия	100
9.4. Слалом. объезд с чередованием	101
Заключение	104
Список литературы	106

Введение

Новое поколение робототехнических систем характеризуется повышенной мобильностью, активным взаимодействием с внешней средой, расширенными способностями приспособления к сложному, неопределенному и подвижному окружению. Высокие качественные характеристики и подвижность роботов используются для выполнения целого ряда нетривиальных операций, таких как обход препятствий, проникновение в труднодоступные зоны, выбор удачного подхода к внешним объектам и прецизионное движение по сложным криволинейным трассам с сохранением требуемой ориентации в пространстве и параметров движения. Мобильная активность роботов, приспосабливаемость к внешней среде и сравнительная автономность делает их использование весьма привлекательным для самых разнообразных сфер человеческой деятельности, включая автоматизированное производство, космос и подводные исследования, оборону, медицину, домашнее хозяйство и т. д. Робота можно направить выполнять поставленные задачи в место или среду, где человеку по каким-либо причинам будет опасно находиться.

Билл Гейтс как-то сказал: «Роботы — это Интернет XXI века». Очевидно, что ситуация с развитием робототехники в наши дни очень похожа на развитие информатики 20–30 лет назад. В то время информатика настолько стремительно вошла в нашу жизнь, что, например, учителя в российских школах не знали, как ее правильно преподавать. А сейчас возрастающий интерес проявляется к робототехнике.

Роботы активно входят в нашу жизнь. Школьники и студенты хотят заниматься робототехникой: конструировать роботов, управлять ими, участвовать в соревнованиях и творческих проектах [1]. Но как правильно учить робототехнике, сейчас, как и много лет назад информатике, мало кто знает. И более того, большинство преподавателей школ не умеют и не знают, как преподавать робо-

тотехнику. Также ситуация осложняется необходимостью наличия элементной базы — роботов.

В данной книге представляется целесообразным осветить проблемы, связанные с обучением робототехнике в школах, и рассказать авторское видение того, как можно эти проблемы решить.

Прежде всего, о нас. Мы те, кто знает, как обучать робототехнике! Возможно, это заявление покажется вам самоуверенным, но если вы дочитаете данную книгу до конца, то, вероятно, ваше мнение изменится.

Авторы книги представляют Университет ИТМО и одно из его структурных подразделений — кафедру систем управления и информатики (СУИИ): <http://csi.ifmo.ru/>. Коллектив кафедры — один из ведущих в России по управлению техническими системами. В рамках выполнения 220-го Постановления Правительства Российской Федерации, на кафедре создана международная научная лаборатория (МНЛ) «Лаборатория нелинейных и адаптивных систем». Один из соруководителей МНЛ — Ромео Ортега — ведущий ученый мира в области автоматического управления и ее технических приложений, включая мехатронные и робототехнические системы.

В 2015 году Международная федерация автоматического управления (IFAC) предоставила нам право организации и проведения международной конференции The 1st IFAC Conference on Modelling, Identification and Control of Nonlinear Systems (MICNON 2015) в Санкт-Петербурге: <http://micnon2015.org/>.

Мы являемся основателями проекта RoboEd. Название RoboEd получено путем использования сокращенных частей словосочетания Robotics Education — робототехническое образование. Компания RoboEd была создана в июне 2012 года. В 2012 году компания RoboEd стала одним из победителей Санкт-Петербургской Организации Бизнес Ангелов, вследствие чего компания RoboEd стала резидентом стартап-акселератора iDealMachine и получила первые инвестиции от венчурной компании RSV Venture Partners LP. RSR присвоил компании RoboEd индекс А. В 2013 году RoboEd представила прототип продукта на международном форуме Open Innovations в Москве. В данный момент в составе компании работает один доктор наук, четыре кандидата наук, два аспиранта и шесть магистрантов кафедры СУИИ Университета ИТМО.

Компания RoboEd (РобоЭд) разрабатывает обучающее интерактивное программное обеспечение в области робототехники и предоставляет образовательные продукты и услуги с использованием образовательных программ, рекомендаций и методик, уникального учебно-методического комплекса (УМК) для школьников и студентов, элементной робототехнической базы и курсов повышения квалификации для педагогов и преподавателей.



Рис. 0.1. УМК RoboEd «Основы робототехники»

В настоящий момент удачных образовательных решений в представленной области нам неизвестно. Широко распространено самообучение на основе готовых конструкторов, лекций энтузиастов, книг по робототехнике [2–4] и пр. Этого явно недостаточно.

УМК «Основы робототехники» от RoboEd предназначен для обучения школьников по дополнительному курсу «Основы робототехники» в робототехнических кружках и лабораториях и включает в себя следующие разделы:

- образовательная программа на 3 года;
- поурочные презентационные материалы для ведения занятий в классе;
- конструкторские карты по сборке роботов;
- инструкция по установке программного обеспечения;

- методическое руководство к УМК;
- контрольно-измерительные материалы;
- поля для роботов;
- рекомендации по закупке оборудования;
- образовательные видео-курсы.

УМК разработан для школьников в возрасте от 10 до 17 лет.

Одним из важнейших достижений компании RoboEd является понятный педагогу образовательный инструмент для преподавания в классе. УМК выгодно отличается от типичных семинарских занятий повышения квалификации, потому что для каждого урока и для каждой темы педагог имеет определенный презентационный и методический материал. Он четко представляет, как он будет в течение года вести образовательный процесс, который уже продуман профессионалами и успешно движется по образовательной траектории.

В сопровождение проекта RoboEd разработан и постоянно совершенствуется портал дистанционного обучения: <http://roboed.academy/>. На данном портале каждый, у кого отсутствует возможность заниматься с преподавателем, сможет ознакомиться с электронными курсами, пройти тестирование или обучение посредством вебинара, получить техническую поддержку.

В конечном итоге слушатель учится управлять реальным роботом, собранным из конструктора. На первом этапе мы используем роботы от Лего, но в будущем планируется разработка образовательного контента под различные робототехнические платформы.

Обучение робототехнике невозможно без элементной базы, без роботов. У нашей команды есть опыт работы с широким спектром робототехнического оборудования: от роботов начального уровня до сложных промышленных систем. Мы также сотрудничаем со школами и университетами Санкт-Петербурга в области обучения робототехнике. Опыт сотрудников компании включает в себя: подготовку школьной сборной России для участия в международных соревнованиях по робототехнике, где учащиеся творческих лабораторий регулярно занимают призовые места; реализацию проектов по оснащению учебных помещений для занятий робототех-



Рис. 0.2. «Фестиваль Мехатроники и Робототехники 2014»

ной; значительное количество успешно реализованных научно-технических проектов. Сотрудники компании являются организаторами ежеквартальных открытых состязаний Санкт-Петербурга по робототехнике.

С 2009 по 2014 год в рамках международного форума «Российский промышленник» <http://promexpo.lenexpo.ru/> и Петербургского инновационного форума <http://forum.spbinno.ru/> мы проводили крупнейший в стране «Фестиваль Мехатроники и робототехники» (Фестиваль МиР) в выставочном комплексе ЛенЭкспо: <http://robofestival.ru>. В 2014 году Правительство Санкт-Петербурга и компания EXPOFORUM выделили нам площадь 3000 м² под выставку роботов, стартап-аллею, олимпиаду и соревнования роботов.

На Фестивале было представлено множество интересных конструкторских и инженерных решений и разработок студентов, аспирантов и сотрудников Университета ИТМО, ЦНИИ РТК, СПбГУ «МатМех», НИУ СПбГПУ, ИПМаш РАН, БГТУ «ВоенМех», а также творческие проекты учеников физико-математического лицея №239 и других школ. Мы уверены, что наряду с соревнованиями, выставка творческих проектов играет не менее важную роль, ведь

не каждый имеет возможность подготовиться именно к олимпиаде или состязаниям роботов.



Рис. 0.3. Соревнования «Футбол роботов»

В рамках «Фестиваля мехатроники и робототехники» проходили соревнования по таким дисциплинам, как полеты дронов, гонки андроидных роботов, гонки сегвеев, движение по линии, футбол роботов, кегльринг, лабиринт, эстафета, ралли по коридору. В конкурентных и честных состязаниях роботов выявлялись победители, которые были торжественно награждены в последний день фестиваля. Все представления проходили в интерактивном режиме, посетители Фестиваля МиР могли сами управлять роботами и понять принцип их работы, а абитуриентам представлялась возможность определиться в своей будущей специальности.

По результатам изучения предлагаемого нами УМК, школьники, ранее незнакомые с робототехникой, смогут выглядеть достойными соперниками матерых и именитых представителей школьных команд, а неизвестные ранее в области робототехники школы — представлять достойные команды для участия в подобных соревнованиях.

Сейчас наш опыт проведения международных робототехнических мероприятий перенимали и используют коллеги из Республики Казахстан на Фестивале РобоЛэнд: <http://roboland.kz/>.

Представленная в данной книге команда — хорошо слаженный и дружный научный коллектив, который работает вместе уже много лет. Все ключевые члены Компании RoboEd являются сотрудниками Университета ИТМО, а также известными специалистами в области развития инновационной и предпринимательской деятельности. Подробнее ознакомиться с различными разработками и выступлениями команды RoboEd можно на сайте: <http://www.roboed.ru> и на нашем канале в Youtube — [itmo4robots](https://www.youtube.com/channel/UCitmo4robots).

Мы знаем, как преподавать робототехнику и уверены, что книга «Основы робототехники с Lego Mindstorms EV3» и проект RoboEd помогут Вам узнать о робототехнике значительно больше!

Глава 1.

Конструктор LEGO Mindstorms EV3

В этой главе мы ознакомимся с составом набора и нововведениями по сравнению с предыдущей версией Lego Mindstorms NXT. Четвертого января 2013 года датская компания LEGO представила третью версию конструктора Lego Minstorms, завоевавшего сердца миллионов начинающих робототехников по всему миру — EV3. Рассмотрим, что же «внутри».

1.1. Электроника

Контроллер претерпел серьезные изменения по сравнению с предшественником и стал поистине настоящим компьютером с операционной системой Linux на борту.

Технические характеристики:

- процессор — ARM9 (тогда как у предшественника — ARM7);
- flash память — 16 Мб;
- оперативная память — 64 Мб;
- операционная система — Linux;
- слот расширения SD;
- USB 2.0 (поддерживает USB host, значит можно воспользоваться Wi-Fi модулем);
- Bluetooth 2.1;
- 4 порта входных данных;
- 4 порта выходных данных;

- динамик.

Программное и аппаратное обеспечение позволяет объединить до четырех таких модулей управления в единую систему. Такое объединение осуществляется при помощи того же USB кабеля, что и для подключения контроллера к компьютеру.

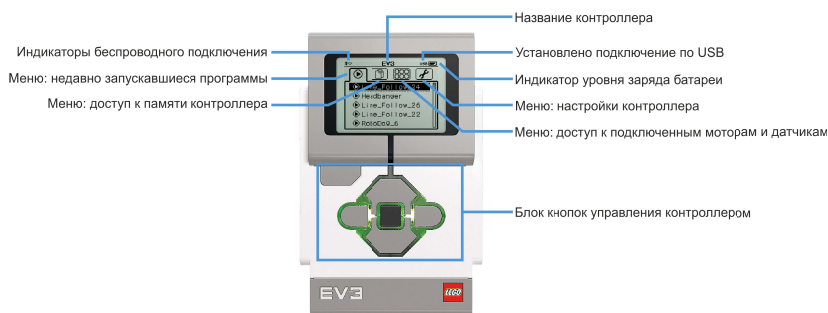


Рис. 1.1. Контроллер EV3

Помимо контроллера в комплект поставки также входят три сервомотора (два — большой мощности и один — средней мощности), датчик касания, цветовой сенсор, датчик расстояния (инфракрасный или ультразвуковой, зависит от версии набора), гироскоп-акселерометр.

Датчик касания по своей сути является кнопкой. Он может пригодиться в случаях, когда нужно обнаруживать препятствия или каким-либо образом реагировать на прикосновения.

Гироскопический датчик предназначен для измерения угла вращения робота или скорости вращения. Сверху на корпусе датчика нанесены две стрелки, обозначающие плоскость, в которой работает датчик. Поэтому важно правильно устанавливать датчик на робота.

Датчик цвета имеет три основных режима работы: определение цвета поверхности, измерение освещенности отраженного света от поверхности и измерение общей освещенности. С его помощью можно, например, сортировать цветные детали или двигаться вдоль контрастной линии.

Ультразвуковой датчик косвенным методом измеряет расстояние. Он замеряет время, за которое звуковая волна распространяется от датчика до объекта и обратно. Используя это время и скорость звука в воздухе, рассчитывается расстояние. Этот датчик обладает множеством видов применений от картографирования местности до выявления движения.

С одной из сторон блока есть порт для подключения USB кабеля, при помощи которого устанавливается соединение с рабочей станцией (персональным компьютером или ноутбуком) и программным обеспечением, что позволяет загружать на компьютер разработанные программы. Загружать программы на контроллер также можно по Bluetooth и Wi-Fi (при наличии Wi-Fi модуля) соединению.

На LCD дисплей контроллера можно выводить различные рисунки и тексты, динамик способен проигрывать музыку, а также записанные ранее звуковые файлы. Таким образом, можно запрограммировать робота говорить разные фразы.

Как уже было отмечено, контроллер обладает четырьмя портами входных данных. Порты пронумерованы от 1 до 4. Почему же мы называем их «порты входных данных»? Потому что именно эти порты служат для подключения датчиков, и именно по этим портам контроллер получает информацию об окружающей среде. Эта информация влияет на поведение робота. Моторы могут быть подключены к выходным портам А, В, С и D. Моторы в наборе EV3 являются сервомоторами, оснащенными встроенными датчиками вращения (энкодерами), которые измеряют угол поворота вала двигателя в градусах или же в полных оборотах. Энкодеры позволяют выполнять движения робота с необходимой точностью.

Общее руководство пользователя платформы Lego MINDSTORMS EV3 доступно на официальном сайте по ссылке <https://education.lego.com/ru-ru/support/mindstorms-ev3/user-guides>.

1.2. Детали для конструирования

Для создания робота в наборе имеются блоки конструирования, включающие балки, шестеренки, кубики, два вида колес, «гусеницы» и многое другое. С полным перечнем деталей можно ознако-

миться при непосредственной работе с конструктором. Благодаря большому разнообразию деталей в конструкторе, вы имеете возможность строить огромное количество непохожих друг на друга роботов. Общее же количество деталей образовательной версии Lego EV3 45544 составляет 541.

Помимо прочего, стоит отметить, что производитель позаботился об обратной совместимости с NXT 2.0. Благодаря этому, к контроллеру EV3 возможно подключать как сервоприводы, так и датчики от предыдущей версии конструктора.



Рис. 1.2. Общий вид деталей из набора Lego EV3 45544

1.3. Программирование

В последние годы у серии Lego Mindstorms появилось много поклонников как среди школьников, так и среди студентов. По этой причине программное обеспечение для EV3 ориентировано на разный уровень подготовки пользователей.

В комплект набора входит также оригинальная графическая среда разработки Lego Mindstorms EV3 Software. Этот графический язык программирования является достаточно простым в освоении



Рис. 1.3. Порты для подключения моторов (слева) и датчиков (справа)

программирования роботов на начальных этапах. Однако, по мнению авторов и многих других преподавателей робототехники, стоит обратить особое внимание на среду программирования RobotC, язык программирования в которой очень похож на язык C++, но уже требует наличие базовых навыков программирования.

1.3.1. Установка EV3 Software

Скачать последнюю версию EV3 Software вы можете на сайте компании Lego в разделе Downloads (<https://www.lego.com/ru-ru/mindstorms/downloads>). Для начала установки нужно запустить скачанный файл, после распаковки которого вам предложат выбрать путь установки как на рисунке 1.4 (слева).

После выбора каталога назначения для программы, вам будут предложены два варианта установки: для учащегося и учителя (отличие между этими вариантами заключается в расширенном функционале в версии для учителя). На рисунке 1.4 (справа) выбран вариант установки для учителя.

На следующем шаге установки необходимо ознакомиться с лицензионными соглашениями и выбрать пункт «Я принимаю вышеуказанное лицензионное соглашение».

После этого начнется установка, которая займет некоторое время.

Установленная программа создает на рабочем столе ярлык. После запуска вы увидите главное меню как на рисунке 1.7 (слева), и

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru