

УДК 373.167
ББК 32.97
Т19

Серия основана в 2016 г.

Ведущие редакторы серии *Т. Г. Хохлова, Ю. А. Серова*

Тарапата В. В.

Т19 Конструируем роботов на LEGO® MINDSTORMS® Education EV3. Ханойская башня / В. В. Тарапата, А. В. Красных, А. А. Салахова. — М. : Лаборатория знаний, 2018. — 81 с. : ил., [4] с. цв. вкл. — (РОБОФИШКИ).

ISBN 978-5-00101-158-3

Стать гениальным изобретателем легко! Серия книг «РОБОФИШКИ» поможет вам создавать роботов, учиться и играть вместе с ними.

С помощью деталей конструктора LEGO® MINDSTORMS® Education EV3 вы сможете собрать робот-манипулятор, решающий головоломку «Ханойская башня» с тремя дисками.

Для технического творчества в школе и дома, а также на занятиях в робототехнических кружках.

УДК 373.167
ББК 32.97

6+

Учебное издание

Серия: «РОБОФИШКИ»

Тарапата Виктор Викторович
Красных Андрей Владимирович
Салахова Алёна Антоновна

**КОНСТРУИРУЕМ РОБОТОВ НА LEGO® MINDSTORMS® EDUCATION EV3.
ХАНОЙСКАЯ БАШНЯ**

Для детей среднего и старшего школьного возраста

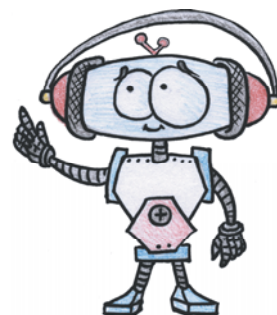
Ведущий редактор *М. С. Стригунова*
Руководители проекта от издательства *А. А. Елизаров, С. В. Гончаренко*
Научный консультант канд. пед. наук *Н. Н. Самылкина*
Ведущий методист *В. В. Тарапата*
Художники *В. Е. Шкерин, Я. В. Соловцова, И. Е. Марев, Ю. Н. Елисеев*
Фотосъемка: *И. А. Федянин*
Технический редактор *Т. Ю. Федорова*
Корректор *И. Н. Панкова*
Компьютерная верстка: *Е. Г. Излева*

Подписано в печать 22.03.18. Формат 84×108/16.

Усл. печ. л. 9,24. Заказ

Издательство «Лаборатория знаний»
125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3
Телефон: (499) 157-5272
e-mail: info@pilotLZ.ru, <http://www.pilotLZ.ru>

Здравствуйте!



Издание, которое вы держите сейчас в руках, — это не просто описание и практическое руководство по выполнению конкретного увлекательного проекта по робототехнике. И то, что в результате вы самостоятельно сумеете собрать своими руками настоящее работающее устройство, — это, конечно, победа и успех!

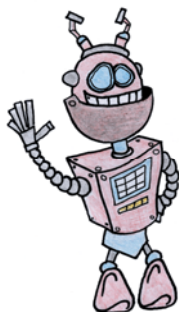
Но главное — вы поймёте, что такие ценные качества характера, как терпение, аккуратность, настойчивость и творческая мысль, проявленные при работе над проектом, останутся с вами навсегда, помогут уверенно создавать своё будущее, стать реально успешным человеком, независимо от того, с какой профессией свяжете жизнь.

Создавать будущее — сложная и ответственная задача. Каждый день становится открытием, если он приносит новые знания, которые затем могут быть превращены в проекты. Особенно это важно для тех, кто выбрал дорогу инженера и технического специалиста. Знания — это база, которая становится основой для свершений.

Однако технический прогресс зависит не только от знаний, но и от смелости создавать новое. Всё, что нас окружает сегодня, придумано инженерами. Их любопытство, желание узнавать неизведанное и конструировать то, чего никто до них не делал, и создают окружающий мир. Именно от таких людей зависит, каким будет наш завтрашний день. Только идеи, основанные на творческом подходе, прочных знаниях и постоянном стремлении к новаторству, заставляют мир двигаться вперёд.

И сегодня, выполнив этот проект и перейдя к следующим, вы сделаете очередной шаг по этой дороге.

*Команда Программы «Робототехника:
Инженерно-технические кадры инновационной России»
Фонда Олега Дерипаска «Вольное дело»*



Дорогой друг!

Как видно, ты уже совсем не новичок в LEGO, раз добрался до набора LEGO® MINDSTORMS® Education EV3 и, конечно, быстро собрал всё, что там предлагалось!

Что же делать теперь? Набор дорогой, выбрасывать жалко, а у младшего братика (если он есть) пока другие игрушки. Не расстраивайся! Мы тебе поможем.

Из этого набора можно собрать ещё много интересных и полезных вещей. Хотел бы ты собрать робота для решения одной из древнейших головоломок, которая и по сей день остаётся любимой и занимательной? Может быть, именно твой робот обойдёт монахов, решающих задачу «Ханойская башня»?

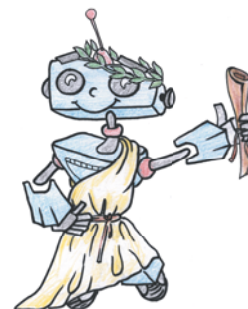
Задумайся над этим!

Внимание!

Ты можешь собрать свои достижения в робототехнике в электронное портфолио! Фотографируй или фиксируй на видео результаты своей работы, чтобы потом представить их для участия в творческих конкурсах. Результаты конкурсов и олимпиад засчитываются при поступлении в профессиональные учебные заведения.

Фактически за какой-то час работы ты сумеешь пройти многовековой путь изобретателей прошлого! Почему в настоящее время такое стало возможно? Можно ли изобрести что-нибудь новое, не зная, какие машины и механизмы существовали в прошлом? Как интереснее работать — одному или вместе с другом?

Тайна Ханойской башни



Независимо от возраста многие любят решать головоломки. Одной из самых любимых и занимательных головоломок считается «Ханойская башня», имеющая к тому же захватывающую легенду. Самое интересное в её легенде то, что там нет Ханоя. Эту игру в 1883 году представил миру Франсуа Эдуард Анатоль Люка (1842–1891), математик и предприниматель. Он стал продавать игрушку, которую сопроводил аннотацией в виде рассказа путешественника — некоего профессора Клауса из университета Ли-Су-Стьян (Li-Sou-Stian), посетившего индуистский монастырь в далёком городе Бенарес. Вскоре первая дополнительная головоломка была разгадана — покупатели поняли, что имя профессора (Claus) было анаграммой собственного имени Франсуа Люка (Lucas).

Вернёмся к игре. По легенде, сопровождающей головоломку, в начале времён могущественный индуистский бог Брахма, олицетворяющий творческое начало, решил наказать провинившихся монахов Великого храма Бенареса, в котором находился бронзовый диск, отмечавший середину мира. В ярости бог воздвиг на диске три алмазных стержня и на один из них возложил 64 диска из чистого золота — от самого большого у основания стержня до крошечного на его конце. Священнослужители



Рис. 1. Игрушка «Ханойские башни» из дерева (источник: google.com)



Рис. 2. Портрет Франсуа Люка (источник: ru.Wikipedia.org)

должны перенести все диски на другой стержень с единственным условием: больший диск не должен никогда лежать на меньшем. Когда все 64 диска будут перенесены, наступит конец света! И монахи стараются изо дня в день, не покладая рук...

Странная ситуация: после окончания игры произойдёт конец света, а монахи стараются приблизить этот момент. Дело в том, что в легенде подразумевается конец этого света, то есть мира, в котором есть страдания, боль и несправедливость. Когда игра закончится, все попадут в мир бесконечной радости и счастья. То есть наказание монахов заключается как раз в том, что конец света не может случиться раньше, чем они перенесут диски. Всего они должны совершить 18 446 744 073 709 551 615 перемещений, что отодвигает их цель на сотни миллиардов лет, даже если они будут работать без сна, отдыха и очень быстро. Город для действия легенды был выбран далеко не случайно. Бенарес (он же Варанаси) в индуистской космологии является центром Земли. Для буддистов он имеет такое же значение, как Ватикан — для католиков. В этом городе, главном и оттого великом, всегда пребывали наиболее мудрые и учёные последователи Брахмы. Как ты можешь знать, многие великие открытия и достижения в математике и смежных областях были сделаны в Индии. Например, там появились шахматы и десятичная система счисления.

Легенда за годы обростала новыми подробностями, меняла место действия, количество дисков, изменялись другие детали сюжета. Подробнее узнать о легенде и авторе игры ты можешь в книге С. М. Окулова и А. В. Лялина «Ханойские башни».

Классический вариант игры предусматривает три стержня и различающиеся по размеру кольца. Рекурсивный алгоритм для решения го-



Рис. 3. Вид на современный Бенарес (источник: pixabay.com)

ловоломки с тремя стержнями и n дисками таков.

1. Перенести башню из $n-1$ дисков на второй стержень.

2. Перенести самый большой, n -й, диск на третий стержень.

3. Перенести башню из $n-1$ дисков на третий стержень.

Минимальное количество ходов для решения составит $2^n - 1$, где n — это число дисков. В информатике задачу «Ханойская башня» часто рассматривают на уроках программирования при изучении рекурсии.

Раз речь зашла о программировании, значит, процесс можно автоматизировать. Ж. Арсак в книге «Программирование игр и головоломок» опубликовал рассказ «Ханойские башни. Печальный конец Паскаля-младшего». В нём главный герой утверждает, что легенда о задаче «Ханойская башня» реальна. В письме к своему бывшему преподавателю он описывает своё путешествие в Индию в составе туристической группы. К нему как к программисту обратились с просьбой прийти в храм священнослужители Брахмы. Паскаль-младший удивился и сказал, что его обманывают, ведь каждому известно, что головоломку придумал преподаватель Люка из Университета Сент-Луи. Священнослужители же поведали, что произошло великое заблуждение в мире и действительно монахи храма Брахмы переносят диски с одного алмазного стержня на другой, а Люка всего лишь обнародовал историю, рассказанную ему путешественником. Особую тревогу у служителей Брахмы вызывало время, требуемое для решения головоломки. Настоятель храма поведал, что монахи привлекали также учёного из США, который анализировал задачу и пытался написать программу для робота-манипулятора. Но робот проводил операции медленнее, чем натренированные монахи, отточившие навыки до совершенства. Затем монахи изменили задачу и стали перемещать диски, используя четыре стержня, что должно было ускорить процесс. Однако монахам сложно было запомнить нужную последовательность перемещения, и процесс значительно замедлялся. Поэтому настоятель обратился к Паскалю-младшему с просьбой о создании робота-манипулятора для решения задачи уже с четырьмя стержнями. На вопрос, будет ли считаться трудом монахов работа манипулятора, настоятель лишь улыбнулся и ответил, что робота создают люди и люди же пишут программу. И Паскаль-младший действительно написал программу и собрал манипулятор, решавший головоломку «Ханойская башня» с четырьмя стержнями.

А сможешь ли ты создать робот-манипулятор и написать к нему программу, инженер? Вперёд!

Кстати! Знакомая всем с детства и встречаемая фактически в каждой газете или журнале головоломка — кроссворд — была изобретена в 1913 году Артуром Винном.

Оборудование:

- Базовый набор LEGO® MINDSTORMS® Education EV3.
- Компьютер (минимальные системные требования): Windows XP, Vista, Windows 8 (за исключением METRO), Windows 10 (32/64 бит), оперативная память не менее 1 Гб, процессор — 1,6 ГГц (или быстрее), разрешение экрана — 1024 × 600, свободное место на диске — 5 Гб.
- Программное обеспечение LEGO® MINDSTORMS® Education EV3 (LME-EV3).

Обозначения

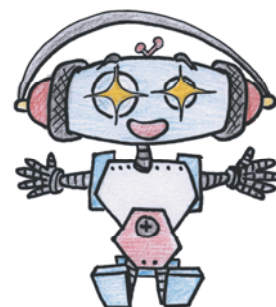
В тексте тебе встретятся обозначения, которые мы сейчас поясним на примерах.

1. Балка 7-модульная, или балка № 7 — это балка с семью отверстиями.

2. 3-модульный штифт — штифт, длина которого равна длине балки № 3.

3. Ось 5-модульная, или ось № 5 — ось, длина которой равна длине балки № 5.

Этап 1. Устройство робота-манипулятора

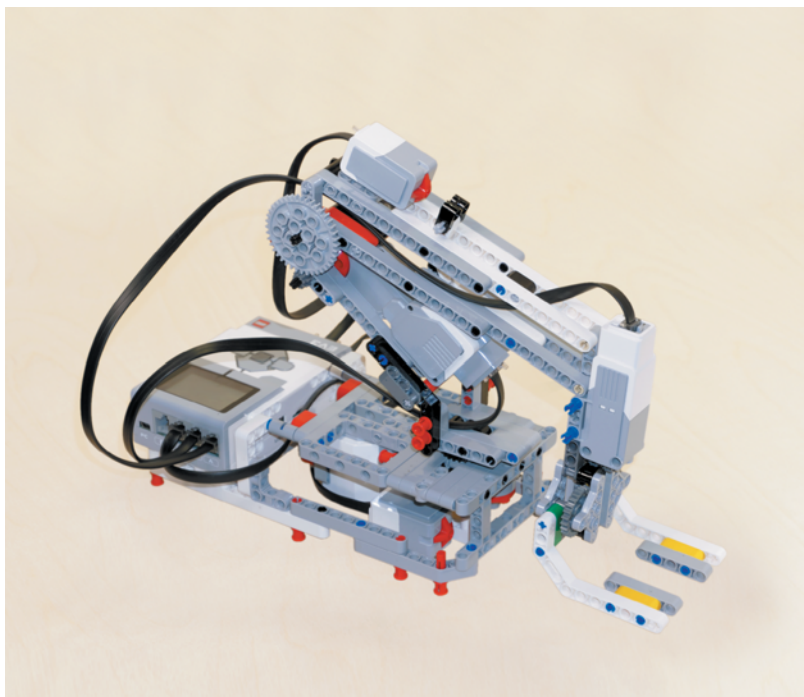


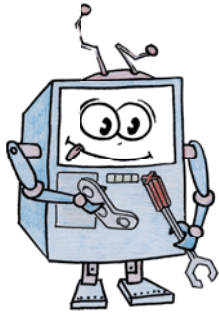
Рассмотри модель робота-манипулятора, собранную на основе набора LEGO® MINDSTORMS® Education EV3.

Попробуй выделить в ней рабочие детали — «клешню», которой он делает захват предмета; рычаг, позволяющий опускать и поднимать «клешню»; поворотный механизм, обеспечивающий вращение манипулятора; датчик касания в нижней части для калибровки угла поворота; датчик касания в верхней части рычага для калибровки высоты захвата-«клешни».

Обрати внимание, на вклейке в таблице даны все детали, которые потребуются тебе для сборки. Эта таблица поможет быстро найти то, что необходимо, и не ошибиться при конструировании.

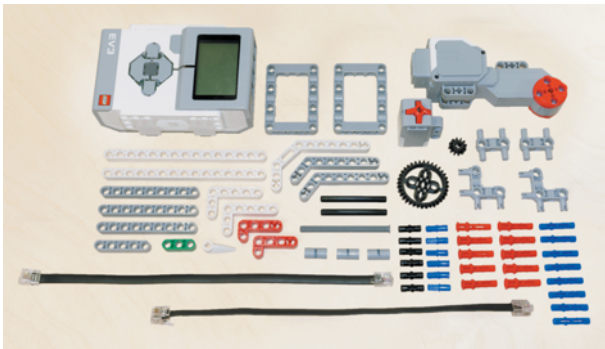
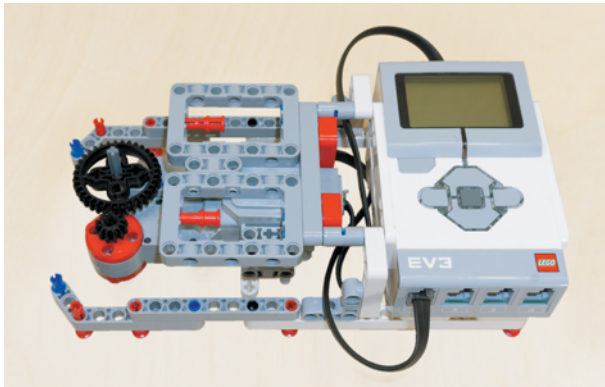
Вот так выглядит робот-манипулятор, которого тебе предстоит собрать.





Этап 2. Сборка робота-манипулятора

ШАГ 1. СБОРКА ОСНОВАНИЯ МАНИПУЛЯТОРА И РЕДУКТОРА ПРИВОДА ПОВОРОТА СТРЕЛЫ

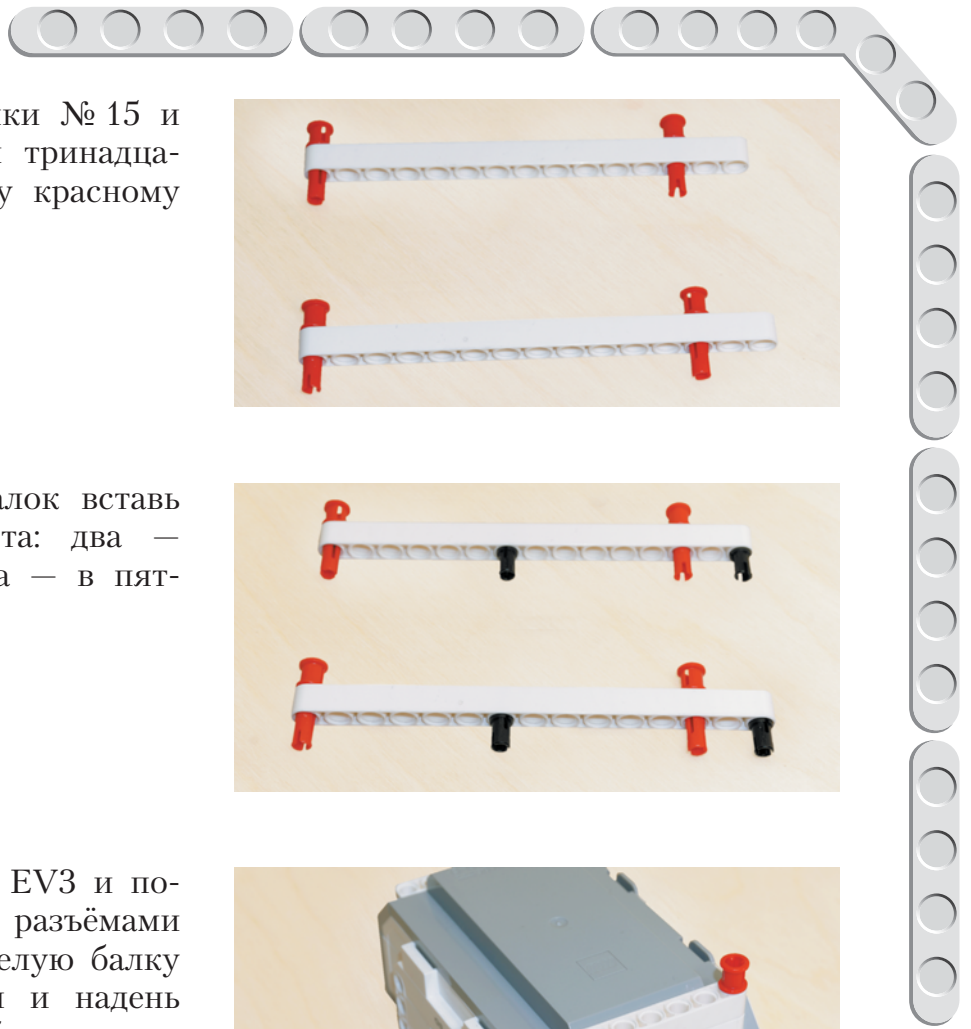


Детали для сборки:

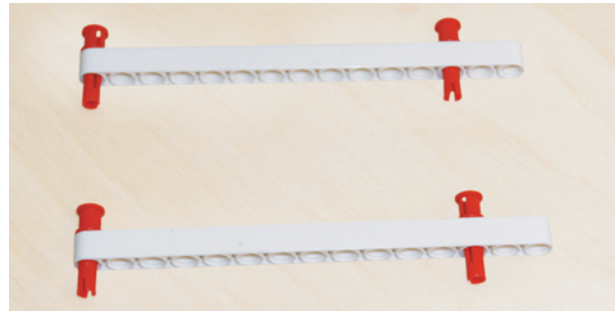
- рама, 5×7-модульная, серая, 2х;
- балка, 3-модульная, зелёная, 1х;
- балка, 5-модульная, серая, 1х;
- балка, 9-модульная, серая, 3х;
- балка, 15-модульная, белая, 2х;
- двойная угловая балка, 3×7-модульная, белая, 1х;



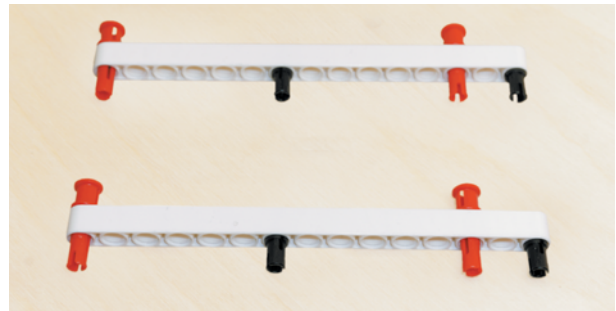
- угловая балка, 3×7-модульная, серая, 2х;
- угловая балка, 3×5-модульная, белая, 2х;
- угловая балка, 2×4-модульная, красная, 2х;
- ось, 6-модульная, чёрная, 2х;
- ось с головкой, 8-модульная, тёмно-серая, 1х;
- труба, 2-модульная, серая, 3х;
- стрелка, 3-модульная, белая, 1х;
- соединительный штифт с фрикционной муфтой, 2-модульный, чёрный, 6х;
- соединительный штифт с фрикционной муфтой/осью, 2-модульный, синий, 6х;
- соединительный штифт с фрикционной муфтой, 3-модульный, синий, 8х;
- соединительный штифт со втулкой, 3-модульный, красный, 10х;
- двойной соединительный штифт, 3×3-модульный, серый, 2х;
- угловой соединительный штифт, 3×3-модульный, серый, 2х;
- большой мотор, 1х;
- двойное коническое зубчатое колесо, 12 зубьев, чёрное, 1х;
- двойное коническое зубчатое колесо, 36 зубьев, чёрное, 1х;
- датчик касания, 1х;
- кабель, 25 см, 2х;
- модуль EV3, 1х.



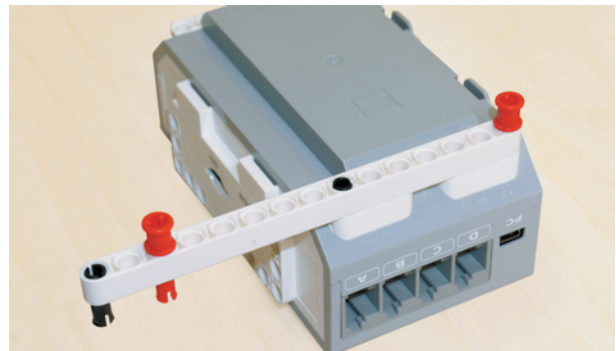
1. Возьми две белые балки № 15 и вставь в их первые и тринадцатые модули по одному красному штифту со втулкой.



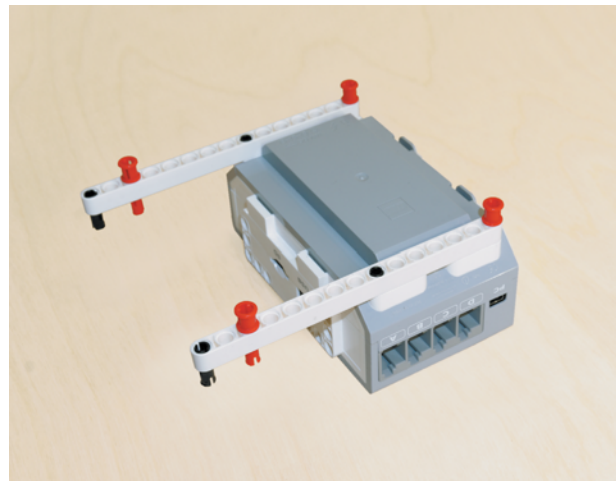
2. С нижней стороны балок вставь четыре чёрных штифта: два — в седьмые модули, два — в пятнадцатые модули.

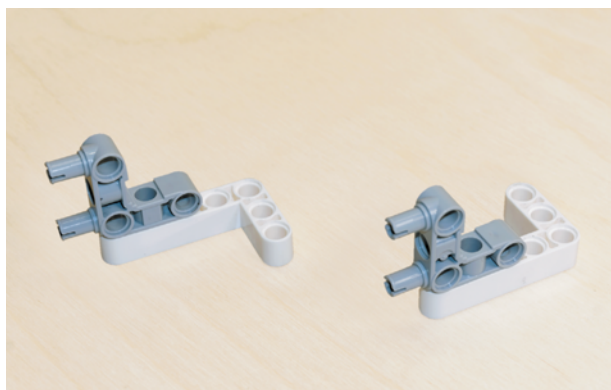


3. Теперь возьми модуль EV3 и поверни его буквенными разъёмами к себе. Возьми одну белую балку в сборе со штифтами и надень её в крепление под буквенными разъёмами так, как показано на рисунке.



4. Вставь вторую белую балку под числовыми разъёмами блока EV3 аналогично предыдущей балке.





5. Теперь возьми две белые угловые балки 3×5 и расположи их так, чтобы короткие части балок смотрели друг на друга, а длинные части находились слева от коротких. Вставь в длинные части балок в первый и третий модули по одному угловому соединительному штифту 3×3 так, чтобы угловые части штифтов находились снаружи.

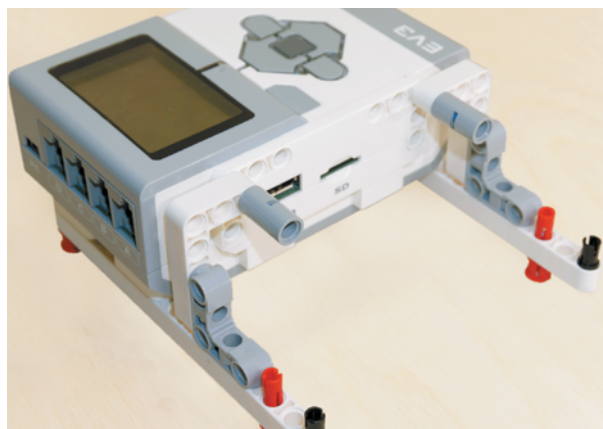


6. Далее возьми готовые детали и вставь угловые штифты в белые балки № 15 в десятые модули так, чтобы третьи модули коротких сторон угловых балок совместились с креплениями сбоку блока EV3.

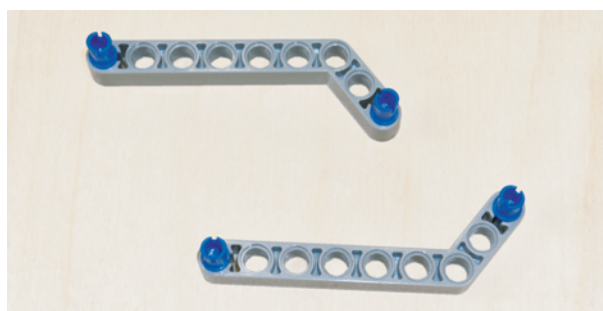


7. Возьми два синих 3-модульных штифта и вставь их длинными концами в крайние модули коротких сторон угловых балок, закрепив их в боковых модулях блока EV3.

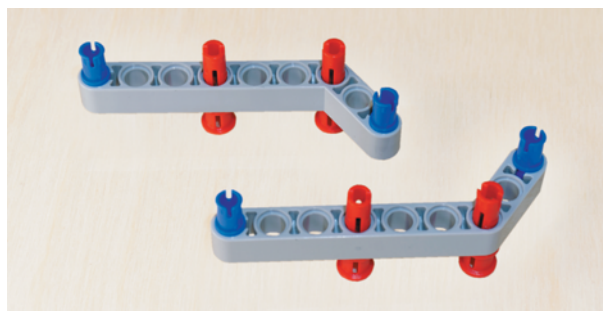
8. На свободные концы синих штифтов надень по одной 2-модульной серой трубе.



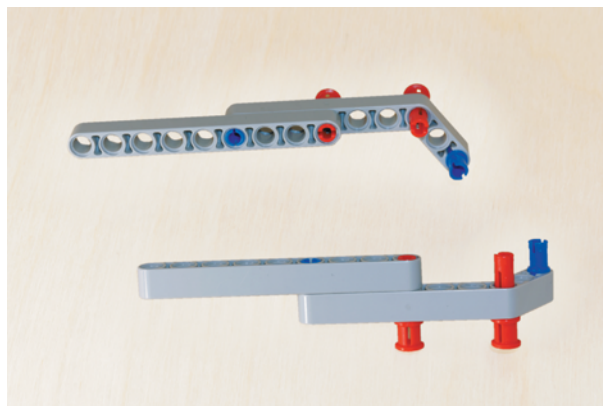
9. Теперь возьми две серые угловые балки 3×7 и вставь в их крайние крестовые модули по одному синему 2-модульному штифту.

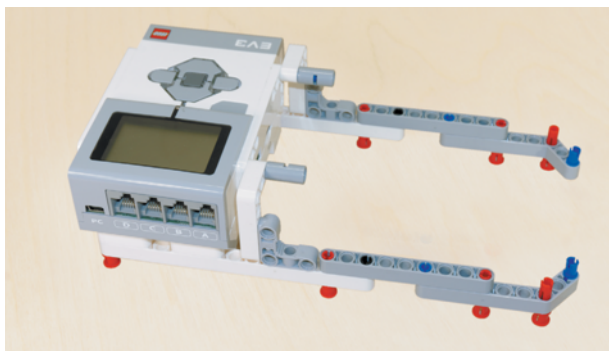


10. Снизу в четвёртые и седьмые модули длинных сторон серых угловых балок вставь по одному красному 2-модульному штифту.

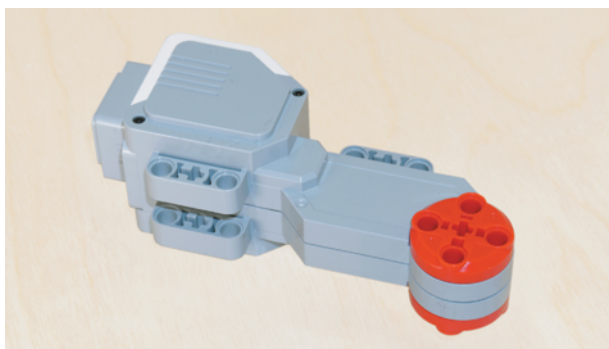


11. Возьми две серые балки № 9 и надень их на свободные концы синих и красных штифтов шестыми и девятыми модулями.

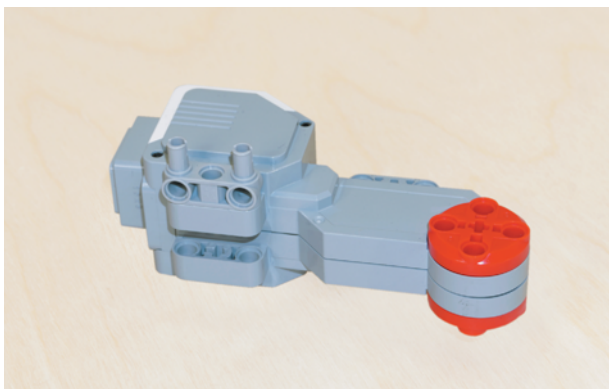




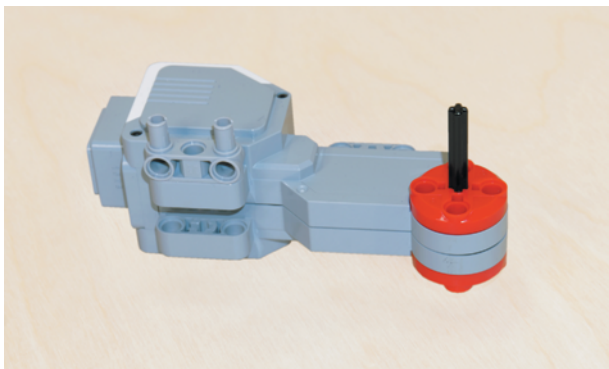
12. Теперь соедини собранную конструкцию с блоком EV3, надев серые балки № 9 на красный и чёрный штифты, как показано на рисунке.



13. Возьми большой мотор и поверни его так, чтобы привод располагался справа, а разъём — слева.



14. Далее возьми H-образный штифт и вставь его в крепление под разъёмом.



15. Возьми чёрную ось № 6 и вставь её в привод большого мотора насквозь.

Содержание

| | |
|---|-----------|
| Здравствуйте! | 3 |
| Дорогой друг! | 4 |
| Тайна Ханойской башни | 5 |
| | |
| Этап 1. Устройство робота-манипулятора | 9 |
| | |
| Этап 2. Сборка робота-манипулятора | 10 |
| Шаг 1. Сборка основания манипулятора и редуктора привода поворота стрелы | 10 |
| Шаг 2. Сборка поворотного основания стрелы | 22 |
| Шаг 3. Сборка привода стрелы манипулятора | 28 |
| Шаг 4. Сборка стрелы манипулятора | 34 |
| Шаг 5. Сборка захвата манипулятора | 41 |
| Шаг 6. Соединение основания со стрелой манипулятора и подключение проводов | 49 |
| | |
| Этап 3. Установка программного обеспечения на компьютере | 51 |
| | |
| Этап 4. Создание программы для робота-манипулятора | 52 |
| Логика программы | 54 |
| Составление программы для робота-манипулятора | 55 |
| | |
| Этап 5. Загрузка программы и её тестирование | 78 |
| Шаг 1. Загрузка программы в программируемый модуль | 78 |
| Шаг 2. Тестирование | 78 |
| | |
| А теперь... | 79 |
| До новых встреч! | 80 |

Издательство «ЛАБОРАТОРИЯ ЗНАНИЙ» представляет!

Книги по образовательной робототехнике:

- ◆ **Филиппов С. А.** Уроки робототехники. Конструкция. Движение. Управление: учебное пособие
- ◆ **Тарапата В. В., Самылкина Н.Н.** Робототехника в школе. Методика. Программы. Проекты
- ◆ **Винницкий Ю.А., Поляков К.Ю.** Конструируем роботов на ScratchDuino. Первые шаги
- ◆ **Бейктал Дж.** Конструируем роботов на Arduino. Первые шаги
- ◆ **Бейктал Дж.** Дроны. Руководство для начинающих
- ◆ **Бейктал Дж.** Конструируем роботов от А до Я. Полное руководство для начинающих.

Серия проектов «РОБОФИШКИ»:

- ▶ «В поисках сокровищ»
- ▶ «Умный свет»
- ▶ «Крутое пике»
- ▶ «Волшебная палочка»
- ▶ «Тайный код Сэмюэла Морзе»
- ▶ «Умный замок»
- ▶ «Робочист спешит на помощь!»
- ▶ «Робот-шпион»
- ▶ «Мотобайк» и другие.

Новая серия «РОБОСПОРТ» в помощь настоящим и будущим участникам робототехнических соревнований:

- «Робот-сумоист»
- «Танковый роботлон»
- «Робофутбол»
- «Робохоккей» и другие.

info@pilotLZ.ru

www.pilotLZ.ru

Мы в VK: <http://vk.com/roboLz>

Мы в Twitter: <http://twitter.com/pilotlz>



EAL