

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт проблем машиноведения

Серия «Шаги в кибернетику»

С. А. Филиппов

Робототехника для детей и родителей

Под редакцией
д-ра техн. наук, проф.
А. Л. Фрадкова

Издание 3-е, дополненное и исправленное



Санкт-Петербург
«НАУКА»
2013

УДК 621.86/.87
ББК 32.816
Ф53

Филиппов С.А. Робототехника для детей и родителей. – СПб.: Наука, 2013. 319 с.

ISBN 978-5-02-038-200-8

Уже много лет мы читаем в книгах и газетах, слышим по радио и из телевизора, что скоро нас будут окружать умные, добрые и интересные роботы. Однако в реальной жизни роботов все нет и нет. Лишь несколько лет назад знаменитая датская компания Lego сделала роскошный подарок любителям мехатроники, роботов и других кибернетических игр и игрушек: выпустила робототехнический конструктор Lego Mindstorms NXT, который с успехом используется как дома, так и в учебе.

Эта книга одна из первых на русском языке поможет не только самому строить и программировать разнообразных роботов из Lego, но и научить этому других школьников, студентов. В ней рассматриваются основы конструирования, программирования на языках NXT-G, Robolab и RobotC, а также элементы теории автоматического управления.

В третьем издании добавлены описания усовершенствованных конструкций роботов, а также рассмотрены новые задачи: прохождение лабиринта, роботы-манипуляторы, инверсная линия и др. По-прежнему большое внимание уделено алгоритмам управления: от П- и ПД-регулятора для движения по линии до ПИД-регулятора для балансирующего робота-сигвея.

Предназначена для преподавателей кружков робототехники школ и вузов, для широкого круга читателей.

Рецензент

д-р техн. наук, проф. Б. Р. Андриевский

ISBN 978-5-02-038-200-8

© С.А. Филиппов, 2013
© Издательство «Наука», 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	8
Предисловие автора к третьему изданию	10
Глава 1. Знакомство с конструктором.....	11
Введение.....	11
Как он может попасть к Вам в руки.....	12
Наборы для школы и дома.....	14
Основной состав набора: что мы купили?	15
Электроника	15
Детали для конструирования	18
Что потребуется еще?	18
Обзор дополнительных возможностей.....	19
Программное обеспечение	20
Зарубежные разработки.....	20
Отечественные разработки.....	23
Глава 2. Конструирование	24
Способы крепления деталей.....	24
Различия принципов конструирования RIS и NXT.....	24
Первая игра: фантастическое животное.....	25
Высокая башня	26
Механический манипулятор	26
Механическая передача	28
Передаточное отношение	29
Волчок.....	33
Редуктор.....	36
Глава 3. Первые модели	38
Моторы вперед!	38
NXT Program.....	38
NXT-G.....	39
Robolab 2.9.....	40
RobotC.....	40
Тележки	41
Одно моторная тележка.....	41
Полноприводная тележка.....	44
Тележка с автономным управлением	45
Тележка с изменением передаточного отношения.....	50
Робот-тягач	52

Шагающие роботы	57
Введение	57
Четвероногий пешеход	59
Универсальный ходок для NXT 2.0	66
Маятник Капицы	73
Двухмоторная тележка.....	75
Трехточечная схема	75
Простейшая тележка	76
Программирование без компьютера.....	82
Компактная тележка	89
Полный привод.....	91
Глава 4. Программирование в NXT-G.....	93
Введение.....	93
Знакомство с NXT-G	93
Новая программа	94
Интерфейс NXT-G	95
Ветвления.....	97
Циклы.....	98
Переменные	98
Robo Center.....	99
TriBot.....	100
RoboArm.....	101
Spike	103
Alpha Rex	104
Глава 5. Программирование в Robolab	107
Введение.....	107
Режим «Администратор».....	108
Режим «Программист».....	109
Основные окна	110
Готовые примеры программ.....	111
Взаимодействие с NXT	112
Типы команд	113
Команды действия.....	114
Базовые команды.....	115
Продвинутое управление моторами	116
Моторы NXT	119
Команды ожидания	120
Ожидание интервала времени	120
Ожидание показаний датчика	122
Ожидание значения контейнера	123
Ожидание значения таймера	123

Управляющие структуры.....	124
Задачи и подпрограммы	125
Ветвления.....	126
Прыжки	130
Циклы.....	131
События	135
Модификаторы	135
Модификаторы-константы	137
Контейнеры.....	138
Операции с выражениями	143
Интерфейс NXT	145
Библиотеки пользователя	147
Глава 6. Программирование в RobotC	148
Введение.....	148
Firmware	148
Hello, world!	149
Структура программы.....	150
Управление моторами.....	150
Состояние моторов	150
Встроенный датчик оборотов	151
Синхронизация моторов.....	152
Режим импульсной модуляции.....	153
Зеркальное направление	154
Датчики	154
Настройка моторов и датчиков	154
Тип датчика	156
Задержки и таймеры.....	157
Задержки	157
Таймеры	157
Параллельные задачи	158
Управление задачами.....	158
Работа с датчиком в параллельных задачах.....	160
Параллельное управление моторами.....	160
Графика на экране NXT	162
Массивы	165
Операции с файлами	167
Глава 7. Алгоритмы управления.....	170
Релейный регулятор	170
Управление мотором	171
Движение с одним датчиком освещенности.....	172
Движение с двумя датчиками освещенности	174
Пропорциональный регулятор	176

Описание.....	176
Управление мотором	176
Синхронизация моторов.....	180
Взять азимут	181
Следование за инфракрасным мячом	184
Движение по линии.....	185
Движение по линии с двумя датчиками	187
Движение вдоль стенки	188
Пропорционально-дифференциальный регулятор	190
Движение вдоль стенки на ПД-регуляторе.....	190
Движение по линии.....	193
Кубическая составляющая.....	194
Плавающий коэффициент	195
ПИД-регулятор	196
Формат RAW	198
Элементы теории автоматического управления в школе	200
Глава 8. Задачи для робота	204
Управление без обратной связи	204
Движение в течение заданного времени вперед и назад	204
Повороты	207
Движение по квадрату	208
Управление с обратной связью	209
Обратная связь.....	209
Точные перемещения.....	209
Кегельринг	210
Танец в круге	210
Не упасть со стола.....	212
Вытолкнуть все банки.....	212
Не делать лишних движений.....	215
Движение по спирали	220
Движение вдоль линии	224
Один датчик.....	224
Два датчика.....	232
Слалом.....	247
Инверсная линия	248
Путешествие по комнате	250
Маленький исследователь	250
Защита от застреваний.....	251
Дополнительный датчик.....	253
Объезд предметов.....	256
Новая конструкция.....	256
Поворот за угол	257
Фильтрация данных	260

Роботы-барабанщики	262
Предыстория	262
Калибровка и удар	263
Управление с помощью датчика	265
Создаем свой ритм	266
Барабанщик с двумя палочками	268
Барабанщик на П-регуляторе	269
Запоминание ритма	270
Лабиринт	272
Виртуальные исполнители	272
Полигон	272
Робот для лабиринта	273
Известный лабиринт	276
Правило правой руки	279
Удаленное управление	281
Передача данных	281
Кодирование при передаче	286
Дополнительный режим джойстика	292
Передача данных в RobotC	295
Роботы-манипуляторы	296
Стрела манипулятора	296
Манипулятор с захватом	298
Три степени свободы	300
Шестиногий робот	304
Заключение	309
Литература	310
Приложения	311
П.1. Названия деталей	311
П.2. Правила состязаний	312
Регламент соревнований роботов «Кегельринг»	312
П.3. Интернет-ресурсы по Lego Mindstorms NXT	314
Языки и среды программирования для Lego Mindstorms NXT	314
Правила состязаний роботов	314
Неофициальный гид изобретателя Lego Mindstorms NXT	315

Предисловие

Уже много лет мы читаем в книгах и газетах, слышим по радио и из телевизора, что скоро нас будут окружать умные, добрые и интересные роботы. Однако в реальной жизни роботов все нет и нет. И так же часто в научно-технических журналах мы читаем о мехатронике — удивительной науке на стыке механики, электроники, компьютеров и теории управления (кибернетики). Однако и мехатронными устройствами ученые тоже что-то не торопятся нас окружить.

И вот несколько лет назад знаменитая датская компания Lego сделала роскошный подарок любителям мехатроники, роботов и других кибернетических игр и игрушек: выпустила робототехнический конструктор Lego Mindstorms. Из него можно собрать не только фантастические человекоподобные и другие роботы, не только разнообразные мехатронные устройства, но и приборы для измерения, связи, контроля и т.п. Главное же, этот конструктор позволяет легко и с удовольствием научиться самому строить такие штуковины и учить этому молодежь, начиная с возраста 8—10 лет. Следующее поколение киберконструктора, Lego Mindstorms NXT, обладает новыми возможностями: общение по протоколу Bluetooth, богатый набор бортовых датчиков, включая видеокамеры. Неужели скоро мы сами сможем окружить себя кибернетическими помощниками?

Проблема только в одном: нет пока на русском языке подходящих учебников для такого обучения. Однако предлагаемая вниманию читателя книга позволяет, кажется, решить и эту проблему. Из ее названия как раз и ясно, что она предназначена научить практической робототехнике детей и родителей. Причем учить этому, пользуясь советами опытного наставника, который сам прошел все этапы кибертворчества.

Сергей Александрович Филиппов имеет опыт руководства кружками робототехники в нескольких школах Санкт-Петербурга. Ведет семинары и мастер-классы для школьных учителей, методистов, для членов команд города на олимпиадах по роботам. Сам ездит на олимпиады и конференции со своими замечательными учениками¹. Наверное, поэтому книга получилась и увлекательной, и поучительной, и доступной. Поучительной не только для детей и родителей, купивших конструктор, но и для учителей школ, руководителей кружков и преподавателей вузов, стремящихся помочь своим ученикам сделать первые шаги в мир техники будущего, в мир робототехники и мехатроники.

¹ В ноябре 2012 г. команда из Санкт-Петербурга Hand-Friend под руководством С. А. Филиппова в составе сборной России завоевала золотую медаль на Всемирной олимпиаде роботов в г. Куала-Лумпур, Малайзия, с проектом «Грета играет в ладушки». Вот имена чемпионов: Мария Муретова, Денис Никитин, Андрей Свечинский.

Удовольствие от чтения получают даже те, у кого еще пока нет киберконструктора: книга, как золотой ключик, откроет дверь в фантастическую страну кибернетических игр и игрушек, удивительно похожих на многие серьезные автоматические приборы и системы.

Мне особенно приятно, что часть описанных в книге идей и приемов родилась в ходе нашего совместного проекта «Киберфизическая лаборатория», начатого в 2008 г. физико-математическим лицеем №239 и кафедрой теоретической кибернетики математико-механического факультета СПбГУ под эгидой института проблем машиноведения Российской академии наук (ИПМаш РАН) и поддержанного программой президиума РАН «Поддержка молодых ученых» и федеральной целевой программой «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

Среди других проектов отмечу Санкт-Петербургские олимпиады по кибернетике, проводимые с 1999 г. ведущими вузами города под эгидой ИПМаш РАН. Дальнейшую информацию об олимпиадах, книгах и других наших проектах можно найти на сайте www.cyber-net.spb.ru.

Желая книге С. А. Филиппова успеха у читателей, отмечу и то, что за ней должны последовать другие, поскольку она открывает серию научно-популярных книг и учебных пособий «Шаги в кибернетику», предназначенную как для школьников и студентов, так и для родителей и преподавателей. Книги серии помогут выбрать будущую профессию, а тем, кто уже сделал свой выбор, помогут сделать первые шаги на пути к профессионализму, познакомиться «изнутри» с современной кибернетикой: роботами и киборгами, оптимизацией и адаптацией, искусственным интеллектом и управлением хаосом. Девиз серии «Учись играя» означает, что книги будут нацелены не только на обучение, но и на развлечение, на воспитание новых поклонников и фанатов увлекательной науки кибернетики, которой так много предстоит сделать в XXI веке.

В серии «Шаги в кибернетику» в 2011—2013 гг. вышли следующие книги:

- В. Г. Быков «От маятника к роботу. Введение в компьютерное моделирование управляемых механических систем»,
- Р. М. Лучин «Программирование встроенных систем. От модели к роботу»,
- С. А. Филиппов «Робототехника для детей и родителей», 2-е и 3-е издания,
- «Санкт-Петербургские олимпиады по кибернетике 1999—2012».

Зав. лабораторией «Управление сложными системами»
Института проблем машиноведения РАН
доктор технических наук, профессор
А. Л. Фрадков

Предисловие автора к третьему изданию

Во третьем издании книги добавлено несколько тем, которые могут быть полезны начинающим робототехникам, улучшены иллюстрации, добавлены примеры на RobotC, а также исправлен ряд опечаток и ошибок.

Из нового отмечу следующие темы: улучшенная модель одноmotorной тележки, робот для лабиринта, скоростной робот для движения по линии, робот-манипулятор, шестиногий шагающий робот, массивы и файлы в RobotC. Самые интересные алгоритмические примеры сосредоточены в главах «Алгоритмы управления» и «Задачи для робота».

Благодарю всех коллег и учеников, которые так или иначе приняли участие в работе над третьим изданием. Особенно рад выделить помощь Евгения Михайловича Сырова, благодаря содействию которого были выявлены многие неточности и опечатки.

Надеюсь, чтение этой книги будет интересным, а более всего принесут пользы практические опыты с роботами.

Пожелания и замечания прошу присылать по следующему адресу: *robobook@mail.ru*.

Научное издание

Сергей Александрович Филиппов

РОБОТОТЕХНИКА ДЛЯ ДЕТЕЙ И РОДИТЕЛЕЙ

Издание 3-е, дополненное и исправленное

Утверждено к печати

Ученым советом Института проблем машиноведения РАН

Редактор издательства А. Б. Иванова

Художник О. Скворцова

*Книга печатается с оригинал-макета,
подготовленного автором*

Санкт-Петербургская издательская фирма «Наука» РАН

199034, Санкт-Петербург, Менделеевская линия, 1

E-mail: main@nauka.nw.ru

Internet: www.naukaspb.spb.ru

Лицензия ИД № 02980 от 06 октября 2000 г.

Подписано к печати 30.01.2013. Формат 70 × 90 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Объем 20 усл. печ. л. Тираж 3000 экз. Стр. 319

Отпечатано в типографии ООО «Дитон»

Санкт-Петербург, Б. Сампсониевский пр., 60, литер М

Тел.: (812) 333-15-42

Факс: (812) 333-15-41

ISBN 978-5-02-038200-8



9 785020 382008