

УДК 004.896

<sup>1</sup>Е.П. Макашев, <sup>2</sup>С. Гайбуллаулы

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Республика Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>E-mail: gaibullauly@mail.ru

### Программирование робота Lego Mindstorms на определение преграды

В данной статье даны результаты исследования с роботом Lego Mindstorms. Подробно описано строение и принцип работы робота. Приводится обзор существующего аппаратного и программного обеспечения робототехники на основе технологий Lego, также предлагается рекомендации по организации работы с программным обеспечением. Lego Mindstorms является программируемым интеллектуальным роботом. Для своей работы мы выбрали Lego NXT по следующим критериям: 1) он обладает широкими возможностями; 2) собирается из деталей подобно конструктору; 3) малогабаритный и доступный по цене. Робот Lego Mindstorms собран и запрограммирован в научно-технической лаборатории механико-математического факультета КазНУ. Робот Lego может работать в различных средах программирования. В работе мы использовали графическую среду программирования NXT-G, разработанная National Instruments для Lego и язык RobotC. Нами произведено программирование работы робота Lego Mindstorms на определение преграды. В статье даны расчеты скорости сервомоторов, скорости вращения моторов. Описаны принцип работы робота об определении преграды, синхронизация работ моторов. Объяснено создание параметров о максимальной дистанции на определение преграды. В заключительной части статьи дается рекомендация о введении основы робототехники в систему образования со ссылкой о возможности и доступности программирования робота Lego Mindstorms людьми разного уровня технической образованности. **Ключевые слова:** Lego Mindstorms, программирование робота, робототехника, NXT-G, RobotC, ультразвуковой датчик.

Makashev E.P. Gaibullauly S.

#### Programming Lego Mindstorms robot to identify barriers

This article gives the results of the study with the robot Lego Mindstorms. Detailed structure and operation of the robot. Provides an overview of existing hard-copy software and robotics technology based Lego, also offered recommendations on the organization of work with the software. LegoMindstorms is programmable intelligent robots. For their work we chose the Lego NXT using the following criteria: 1) it has broad capabilities; 2) is assembled from parts like the constructor; 3) The compact and affordable. Lego Mindstorms robot assembled and programmed in scientific and technical laboratrii Mechanics and Mathematics Faculty of execution. Lego robot can work in ralichnyh programming environments. In this paper, we used a graphical programming environment NXT-G, developed by National Instruments and language for Lego Robot C. We have made the programming of the robot Lego Mindstorms at identifying obstacles. The article presents the calculations speed servomotors, motor speed. Describes the principle of operation of the robot on the definition barriers synchronization of the motor. Explained the creation parameters for the determination of the maximum distance barriers. In the final part of the paper provides recommendations on the introduction of the basics of robotics in education, citing the possibility and availability of programming the robot Lego Mindstorms people of different levels of technical education.

**Key words:** Lego Mindstorms, robot programming, robotics, NXT-G, RobotC, ultrasonic sensor.

Макашев Е.П. Ғайбуллаұлы С.

### **Lego Mindstorms роботын кедергіні анықтауға бағдарламалау**

Бұл мақалада Lego Mindstorms роботын зерттеу нәтижелері көрсетілген. Роботтың жұмыс істеу принциптері жете сипатталған. Lego технологиялары негізіндегі робототехниканың қолданыстағы аппараттық және бағдарламалық қамтамасына шолу жүргізіледі, сондай-ақ, бағдарламалық қамтамамен жұмыс жүргізудегі ұйымдастыру бойынша кеңестер ұсынылады. Lego Mindstorms бағдарламаланатын интеллектуал робот болып табылады. Жұмыс жасауға Lego NXT роботын келесі критерилер бойынша таңдадық: 1) кең мүмкіндікерге ие 2) конструктор тәрізді детальдардан құралған 3) азкөлемді. Lego Mindstorms роботы Қазуу механика-математика факультетінің ғылыми-техникалық зертханасында құрылған және бағдарламаланған. Жұмыс барысында National Instruments құрған NXT-G бағдарламалау ортасы және RobotC бағдарламалау тілі қолданылады. Lego Mindstorms роботы кедергіні анықтау бағдарламасы құрылды. Жұмыста сервомоторлардың жылдамдығы, моторлардың айналу жылдамдығы есептемелері берілген. Роботтың кедергіні анықтауда жүргізілетін жұмыстың принциптері, моторлар жұмыстарының синхронизациясы сипатталған. Кедергіні анықтауда максимал қашықтық параметрлерін құру түсіндірілген. Мақаланың қортынды бөлімінде түрлі деңгейдегі адамдардың Lego Mindstorms роботын бағдарламалауға қол жетімдігіне сілтеме етіп, робототехника негіздерінің білім беру жүйесіне енгізілуіне кеңестер берілген.

**Түйін сөздер:** реактор, жылжымайтын түйіршікті қабат, радиалды ағыс, турбуленттік RANS моделі.

### **Введение**

В мире где технология способствует экономическому развитию стран, техническое обучение т.е. подготовка инженерных кадров, должно проводиться не только теоретически. Также необходимо практическое применение знаний [1]. Во многих инженерных отраслях, таких как: информатика, моделирование, робототехника, мехатроника и т.д., нередко возникают сложные концепции. Решение возникших задач наиболее приемлемо посредством выполнения лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ требует специфических технических устройств. К таким устройствам относятся и роботы Lego [2]. Lego Mindstorms имеется в научно-технической лаборатории механико-математического факультета КазНУ. Мы проводили свои исследовательские опыты с роботом Lego Mindstorms NXT. Lego Mindstorms NXT - это интеллектуальный программируемый робот, который собирается из деталей, подобно конструктору, и обладает огромными возможностями! Наш выбор объясняется тем, что это робот легок в настройке и использовании, малогабаритный, многофункциональный, а также его низкой стоимостью.

Он состоит из нескольких элементов [3]:

- Три сервомотора (1,2,3);
- Четыре датчика: ультразвуковой датчик (4) для определения дистанции, 2 датчика прикосновения (5,6) и датчик определения цвета (7). Датчик определения цвета может работать как фонарик, плюс умеет собственно определять цвета и уровень освещенности окружающей среды;
- Большой матричный дисплей (8);
- 32-битный процессор;

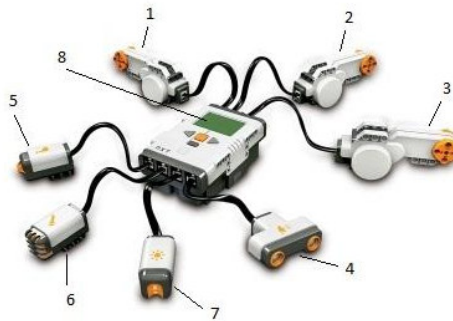


Рисунок 1– Структура робота Lego Mindstorms

- Каналы связи по USB и Bluetooth (4 входных и 3 выходных порта);
- Программное обеспечение (для PC и MAC).

### Основная часть

Конструктор можно запрограммировать с помощью основных команд, вложенных в самого робота, которые дают возможность построить простые алгоритмы. Для более серьезной работы можно использовать среды программирования RobotC (C-подобный язык), NXJ (Java-программирование), Robolab, NXT-G и код RCX. Мы выбрали NXT-G, так как данный способ создания программ является наглядным и подходит для людей с разными уровнями подготовки. NXT-G - графическая среда программирования, разработанная National Instruments для Lego. Написание программ с помощью NXT-G похоже на создание блок-схемы. Программист задает схему управления роботом, используя существующие блоки, описывающие характеристики его поведения. Потом будет показано реализация программы в среде RobotC. Нами проведена следующая работа: Мы собрали и запрограммировали робота который будет обходить преграду перед ним. Из основных деталей использовали - два мотора, ультразвуковой датчик и датчик звука.



Рисунок 2– Интеллектуально-программированный робот

Пример программы в NXT-G выглядит следующим образом.

Блок мотора отвечает за движение вперед-назад и за обороты колес робота. Мы задали обоим сервомоторам одинаковую скорость. Робот начинает движение с заданной нами скоростью.

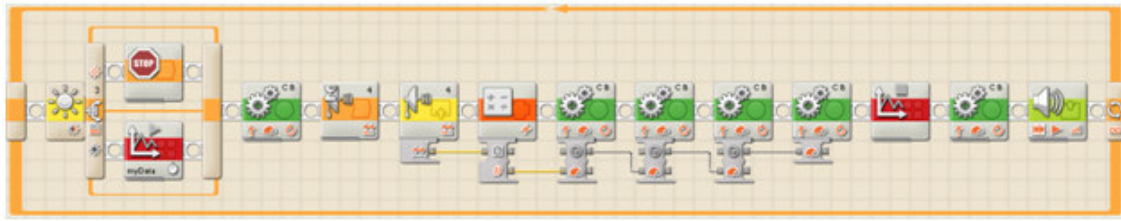


Рисунок 3– Программирование в NXT-G

```

task main ()
{
  motor [motor A]=50
  motor [motor B]=50
}

```

Эта команда заставляет робота начать движение. А и С - порты на которых соединены моторы. Скорость вращения моторов зависит от условной мощности, падающей на них. Мощность варьируется от -100 Гц до +100 Гц. Под "мощностью" понимается ШИМ (Широтно-импульсная модуляция) сигналы, которые формируются с помощью NXT. Здесь "мощность" зависит от скважности ШИМ [4].

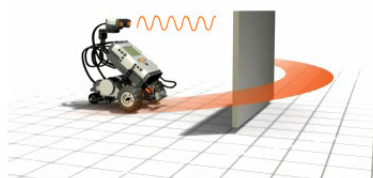
```

task main ()
{
  SensorType[S4]=sensorSONAR;
  forward()
  motor [motor A]=50;
  motor [motor B]=50;
  while (true)
  if (SensorValue [S4]<20);
  motor [motor A]=0;
  motor [motor B]=0;
  wait1Msec (3000);
  else forward ()
  motor [motor A]=50;
  motor [motor B]=50;
}

```

ШИМ - это способ кодирования аналогового сигнала путём изменения ширины (длительности) прямоугольных импульсов несущей частоты. В экспериментах с моторами, при включении и выключении сервомотора частота вращения его ротора изменяется. То есть происходит регулировка скорости вращения путём периодического включения и отключения тока через мотор. Если изменять при этом время в подключённом состоянии и длину паузы между подключениями, можно регулировать скорость вращения мотора. Именно этот эффект положен в основу принципа ШИМ Робот движется до тех

пор, пока не встретит преграду. С помощью ультразвукового датчика робот распознает преграду перед собой. Нами заданы параметры распознавания преграды на дальности до 20 см, т.е. ультразвук имеет силу выброса до 20 см. Он измеряет расстояние (с точностью  $\pm 3$  см) до преграды путем расчета времени, которое потребовалось звуковой волне для возвращения, после отражения от объекта, подобно эху.

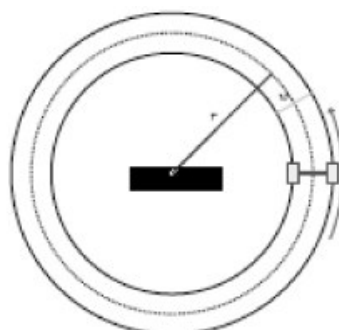


**Рисунок 4**– Рабочее состояние ультразвукового датчика

Перед преградой робот останавливается. Происходит ожидание 3 секунды. В сервомоторе имеется датчик вращения. Он измеряет обороты мотора в градусах (с точностью  $\pm 1$ ).

```
task main ()
{
nSyncedMotors=synchAC;
nSyncedTurnRatio=+60;
motor [right]=25;
wait1Msec (10000);
}
```

Левый мотор синхронизирован с правым мотором с командой nSyncedMotors. Относительная скорость левого мотора к правому мотору устанавливается с помощью nSyncedTurnRatio. В результате, когда мотор А активируется с частотой 50Гц, мотор С автоматический активируется с частотой 30Гц, что составляет 60%.



**Рисунок 5**– Два колеса круговой траекторий радиуса  $r$ .

В нашем случае, радиус (расстояние до преграды)  $r=20$  см и ширина колеи  $w=10$  см. Угловая скорость левого колеса  $S_L$ :

$$S_L = \frac{2\pi(r - w/2)}{t}$$

Угловая скорость правого колеса  $S_R$ :

$$S_R = \frac{2\pi(r - w/2)}{t}$$

Передаточные отношения  $(S_L, S_R)$  двух колес:

$$\frac{S_L}{S_R} = \frac{15}{25}$$

Учитывая, что робот Lego Mindstorms NXT легок в настройке, он подходит для людей с разными уровнями подготовки предлагаем следующее: внедрить конструктор Lego NXT для обучения школьников, учащихся средних учебных заведений и ВУЗов с техническими специальностями.

### Вывод

1. Lego Mindstorms NXT - это интеллектуальный программируемый робот, обладающий огромными возможностями!
2. Робот Lego Mindstorms NXT легок в настройке, подходит для людей с разными уровнями подготовки.
3. Рекомендуем ввести основы робототехники в отечественную образовательную систему, для улучшения технической подготовки обучающихся

### Литература

- [1] *A. Cruz-Martin, J.A. Fernandez-Madrigal, C. Galindo\*, J. Gonzalez-Jimenez, C. Stockmans-Daou, J.L. Blanco-Claraco* A LEGO Mindstorms NXT approach for teaching at Data Acquisition, Control Systems Engineering and Real-Time Systems undergraduate courses. System Engineering and Automation Department, University of Malaga, ETSI Informatica, Campus Teatinos, 29071 Malaga, Spain
- [2] *Rizauddin Ramli, Melor Md Yunusb and Noriah Mohd Ishak.* Robotic teaching for Malaysian gifted enrichment program (2011) // Faculty of Engineering and Built Environment, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi Selangor, MALAYSIA bPusat PERMATApintar Negara, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi Selangor, MALAYSIA
- [3] Lego Mindstorms - Датчики. [Электронный ресурс] URL: [http:// mindstorms.ucoz.net/index/datchiki/0-7](http://mindstorms.ucoz.net/index/datchiki/0-7)
- [4] *Е.С. Барисенок, А.А. Омищенко.* СУстройство компонентов робота Lego Mindstorms NXT 2.0. КИБЭВС г.Томск, ТУСУР, ФВС.

## References

- [1] *A. Cruz-Martin, J.A. Fernandez-Madrigal, C. Galindo\*, J. Gonzalez-Jimenez, C. Stockmans-Daou, J.L. Blanco-Claraco* A LEGO Mindstorms NXT approach for teaching at Data Acquisition, Control Systems Engineering and Real-Time Systems undergraduate courses. System Engineering and Automation Department, University of Malaga, ETSI Informatica, Campus Teatinos, 29071 Malaga, Spain
- [2] *Rizauddin Ramli, Melor Md Yunusb and Noriah Mohd Ishak*. Robotic teaching for Malaysian gifted enrichment program (2011). aFaculty of Engineering and Built Environment, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi Selangor, MALAYSIA bPusat PERMATApintar Negara, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi Selangor, MALAYSIA
- [3] Lego Mindstorms - Datchiki. [JElektronnyj resurs] URL: <http://mindstorms.ucoz.net/index/datchiki/0-7>
- [4] *E.S. Barisenok, A.A. Onishhenko*. Ustrojstvo komponentov robota Lego Mindstorms NXT 2.0. KIBJEVS g.Tomsk, TUSUR, FVS.